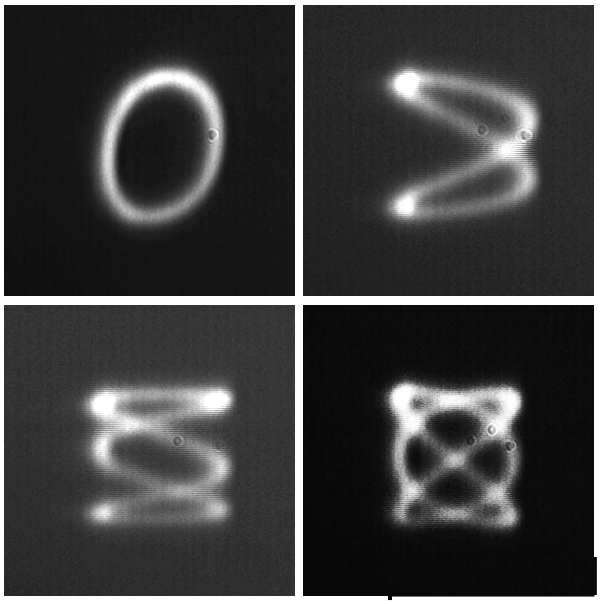
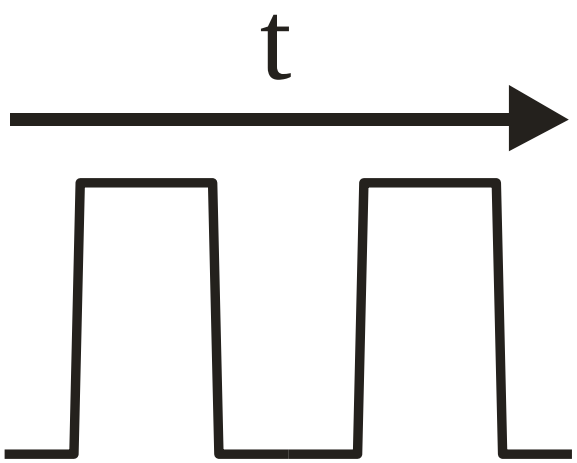
Akusto-optischer Modulator

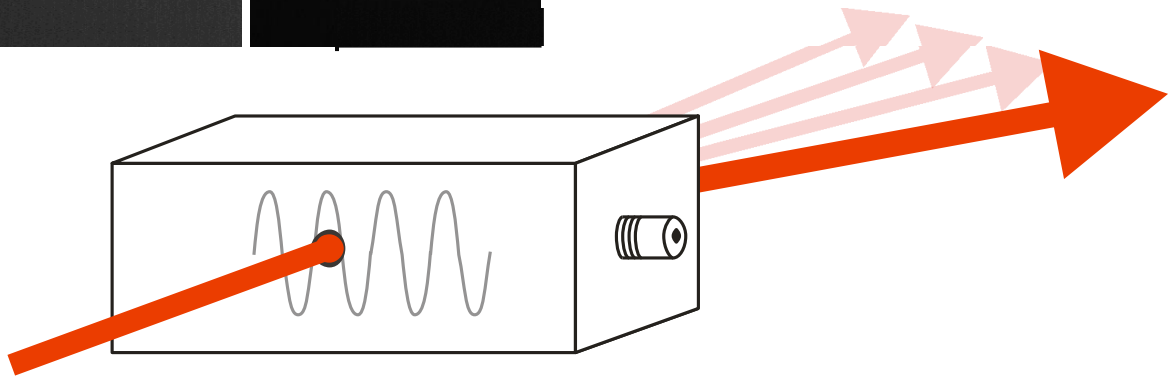
Fortgeschrittenen Praktikum A 4.10

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Fachbereich Physik
Institut für Angewandte Physik
AG Nichtlineare Optik / Quantenoptik
T. Halfmann







Vorbereitung

- Lesen Sie die Versuchsanleitung aufmerksam durch und machen Sie sich mit der prinzipiellen Bedienung der einzelnen verwendeten Geräte vertraut!
- Zeichnen Sie ein Blockschaltdiagramm zu den Programmen für die Aufgabenteile 3 und 7.

Informieren Sie sich über folgende Themengebiete:

- Akusto-optischer Effekt & Funktionsweise eines AOM
- Beugung am Gitter
- Betriebsregime eines AOM
- Impedanz-Anpassung
- AOMs in Doppelpass-Konfiguration (siehe Paper in Versuchsanleitung)
- Schwebung von Schwingungen nahezu gleicher Frequenzen
- Lissajous-Figuren
- Grundlagen von LabVIEW (siehe z.B. grundpraktikum.physik.uni-saarland.de/scripts/LabVIEW_fuer_Anfaenger9.pdf)
- Gefahren durch Laserstrahlung (siehe z.B. Wikipedia)

Überlegen Sie sich **vor** Versuchsbeginn wie die einzelnen Aufgabenteile durchgeführt werden und welche Größen gemessen werden müssen. Erstellen Sie hierzu einen tabellarischen Messplan, der sämtliche zu messenden Größen (inkl. Fehler!) jedes Aufgabenteils enthält.

Literatur

1. Robert D. Guenther, *Encyclopedia of Modern Optics*, Wiley, New York (1990)
2. Frank L. Pedrotti, Leno S. Pedrotti, Werner Bausch, Hartmut Schmidt, *Optik für Ingenieure*, Springer Verlag, 4. Auflage (2007)
3. Eine Übersicht (in Englisch) finden Sie bspw. auch auf den Herstellerseiten von AA Opto-Electronic unter „Theory & general application notes“, sowie Brimrose.
4. W. Demtröder, *Experimentalphysik 2*, Springer Verlag
5. J. Eichler, H.J. Eichler, *Laser - Bauformen, Strahlführung, Anwendungen*, Springer (2006)

Einleitung

Akusto-optische Modulatoren (AOMs) sind unverzichtbare Bauteile in modernen Optiklabors. Mit ihnen lassen sich sowohl die Intensität und Frequenz von Laserstrahlen modulieren als auch deren Richtung. Die Anwendungsgebiete von AOMs umfassen bspw. die Erzeugung von Laserpulsen (entweder durch direkte Intensitätsmodulation oder z.B. über Q-switching), Grundlagenforschung (Spektroskopie, Laserkühlung, Bose-Einstein-Kondensation), Quanten-optik (elektromagnetisch-induzierte Transparenz, „ultra-slow light“, Speicherung und Auslesen von Lichtpulsen), die Telekommunikation (Signalmodulation) sowie Drucken mittels Laserstrahlung und Lasershows.

Das Prinzip der akusto-optischen Modulation beruht auf der Beugung von (Laser-)Licht an einem periodischen Brechungsindexgitter. Ein piezoelektrischer Aktor erzeugt eine Schallwelle

in einem Kristall durch den der zu modulierende Laserstrahl geleitet wird. Diese Schallwelle bewirkt eine periodische Modulation des Brechungsindexes, d.h. ein Gitter an dem der Laserstrahl reflektiert wird. Dies ist analog zur Bragg-Reflexion. Anstatt der Beugung von Röntgenstrahlen an den Gitterebenen eines Kristalls, erfolgt die Beugung im Fall der akusto-optischen Modulation an den Gitterebenen der induzierten Schallwelle. Durch Variation des Winkels zwischen einlaufendem Laserstrahl und Schallwelle in dem Kristall lassen sich verschiedene Beugungsordnungen beobachten, für welche die gebeugte Strahlung durch konstruktive Interferenz maximal wird.

Ziel des Versuchs ist es, sich mit der Funktionsweise von AOMs vertraut zu machen und diese anhand der Aufgabenstellungen anzuwenden. Dazu zählen die Charakterisierung eines AOMs, Erzeugung von Laserpulsen, Messung von Frequenzverschiebungen und kontrollierte zwei-dimensionale Ablenkung eines Laserstrahls.

Kurze Einführung in die akusto-optische Modulation

Der akusto-optische Effekt beruht auf der Wechselwirkung von Licht- und Schallwellen. Ein piezoelektrischer Aktor erzeugt eine Ultraschallwelle der Wellenlänge λ_S in einem Medium, welche durch mechanische Spannung den Brechungsindex periodisch erhöht und reduziert. Dadurch entsteht ein Gitter, an dem das Licht reflektiert werden kann. Reflexion von Licht der Wellenlänge λ tritt in jenen Richtungen auf, in denen Teilwellen aufeinander folgender Ebenen konstruktiv miteinander interferieren. Man erhält den Winkel θ, unter dem konstruktive Interferenz, d.h. Streuung auftritt

$$\sin\theta = \frac{\lambda}{2\lambda_S} = \lambda\frac{f_S}{2v_S}.$$

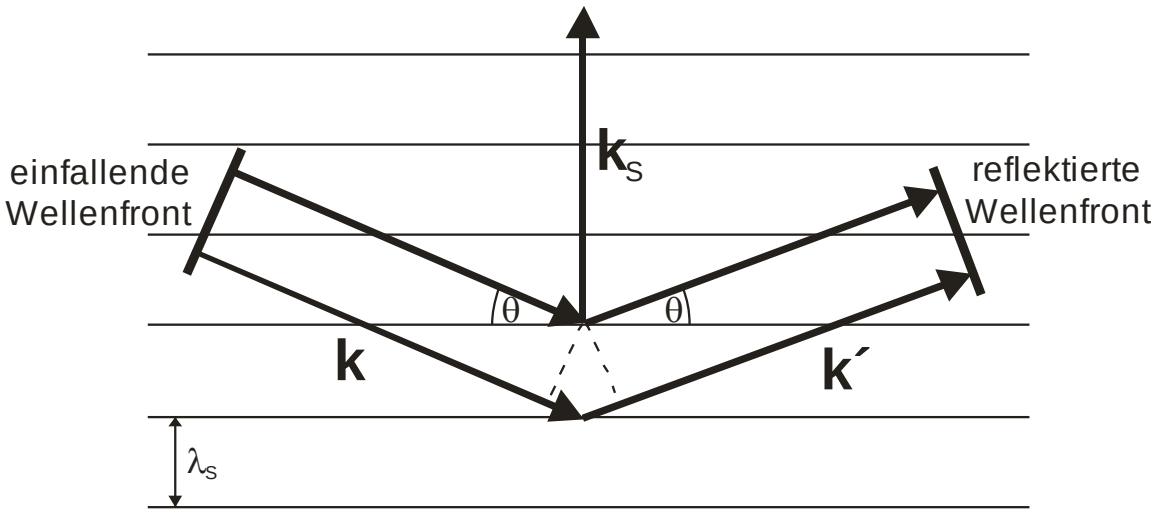


Abbildung 1. k, k´ und k_S sind die Wellenvektoren von einfallender und reflektierter Strahlung sowie der Schallwelle der Wellenlänge λ_S.

Diese Bedingung wird Bragg-Bedingung genannt (analog zur Röntgenbeugung in Kristallen) wobei f_S die Frequenz und v_S die Geschwindigkeit der Schallwelle sind.
Man kann die Streuung einer Licht- an einer Schallwelle auch im Teilchenbild über die Impuls- und Energieerhaltung verstehen. Photonen mit einem Impuls $\hbar\mathbf{k}$ stoßen mit Phononen (Gitterschwingungen) mit einem Impuls $\hbar\mathbf{k_S}$. Da der Gesamtimpuls vor und nach dem Stoß gleich sein muss ergibt sich unter Berücksichtigung der Streuung von Photonen durch Absorption und Emission von Phononen

$$\vec{k} \pm \vec{k}_S = \vec{k}'.$$

Ebenso muss die Energieerhaltung beachtet werden, was zu folgender Bedingung für die Frequenzen der beteiligten Teilchen führt

$$f \pm f_S = f'.$$

Durch Streuung an einer bewegten Schallwelle wird daher die Frequenz des Lichtes durch Absorption oder Emission von Phononen leicht verschoben.

AOMs werden üblicherweise im Bragg-Regime betrieben, in welchem nur die erste Beugungsordnung auftritt (warum?). Dieses Regime wird näherungsweise bei großer Länge des Mediums im Vergleich zur Schallwellenlänge erreicht. Daneben ist aber manchmal auch das sogenannte Raman-Nath-Regime von Bedeutung. Dieses tritt auf, wenn die Länge des Mediums kurz, bzw. die Modulation des Brechungsindex so gering ist, dass keine Reflexion des Lichts an einem Gitter erfolgt. Stattdessen erfährt eine Lichtwelle hier nur eine periodische Variation der Phase und es treten auch höhere Beugungsordnungen auf.

Für eine detailliertere Darstellung sei auf die Literaturangaben sowie die Publikationen im Anschluss an die Versuchsanleitung verwiesen.

Experimenteller Aufbau

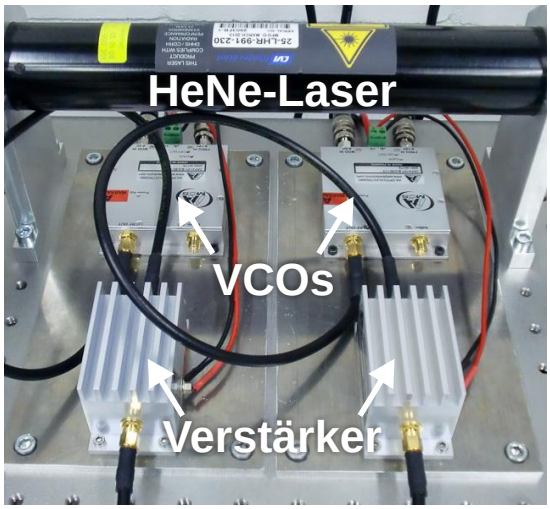
6.1 Lichtquelle

Als Lichtquelle dient ein unpolarisierter Helium-Neon Laser der Wellenlänge λ=633 nm mit einer Ausgangsleistung von 10 mW. Um das Licht zu polarisieren, befindet sich direkt hinter dem Laser ein Polarisator. Dieser kann in Kombination mit einem polarisierenden Strahlteilerwürfel (PBS) dazu genutzt werden die Intensität des Lichtes zu variieren.

6.2 Elektronische Oszillatoren (Voltage Controlled Oscillators) & Verstärker

Die elektronischen Oszillatoren (DRFA10Y) oder kurz VCOs erzeugen das HF- (RF-)Signal welches über einen piezoelektrischen Aktor die Schallwelle im AOM erzeugt. Die Frequenz der Schallwelle kann über den Frequenzmodulationseingang (**FREQ IN**) mit Spannungen U_F zwischen 0 V und +10 V geregelt werden. Dabei entspricht eine Spannung von 0 V einer Frequenz von ca. 65 MHz und +10 V entsprechen ca. 95 MHz. Die Amplitude der Schallwelle wird über den Modulationseingang gesteuert (**MOD IN**) (0 V < U_M < +5 V). Beachten Sie, dass

die Impedanz des Modulationseingangs 50 Ω, die des Frequenzmodulationseingangs jedoch hochomig (> 1 kΩ) ist! Das HF-Signal wird am HF-Ausgang (**RF OUT**) abgegriffen. Da zum Erzeugen einer ausreichend starken Schallwelle eine HF-Leistung von ca. 1W (+30 dBm) benötigt wird, der VCO jedoch nur eine Ausgangsleistung von ca. 0 dBm liefert, wird das Signal des VCOs mit einem Verstärker (AMPA-B-30) auf die benötigte Leistung gebracht. Die benötigte Versorgungsspannung des VCOs und des Verstärkers von +24 V wird durch das Labornetzteil bereitgestellt.



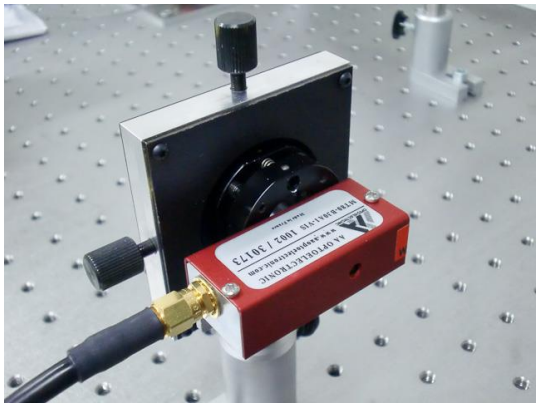
WICHTIG: *Betreiben Sie die Verstärker niemals ohne Last, d.h. ohne angeschlossenen AOM! Dies kann zur Zerstörung der Verstärker und VCOs führen (Preis: ca. 1400€).*

6.3 Akusto-optische Modulatoren (AOMs)

Zu dem Versuch gehören zwei baugleiche AOMs (MT80-B30A1-VIS). Diese besitzen einen HF-(RF-)Eingang an den der Ausgang des Verstärkers angeschlossen wird.

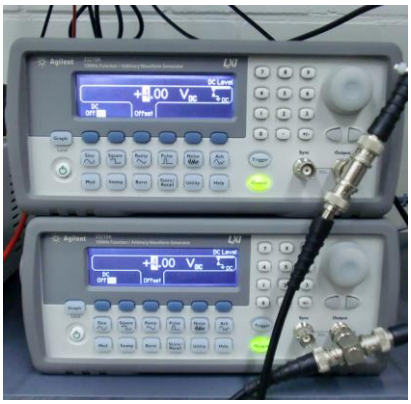
WICHTIG: *Schalten Sie die Verstärker nur ein, wenn die AOMs angeschlossen sind! Einschalten ohne angeschlossene AOMs führt zu Reflexionen am Verstärkerausgang die die Verstärker und VCOs zerstören.* Zur Sicherheit: *Entfernen Sie NIE selbständig die Kabel zwischen VCOs, Verstärkern und AOMs.*

Der Laserstrahl muss durch die beiden Öffnungen an der Seite der AOMs justiert werden um mit der Schallwelle wechselwirken zu können. Justieren Sie den Laserstrahl immer so durch den AOM, dass die transmittierte Leistung maximal ist (möglichst zentral durch die Öffnungen). Die AOMs sind auf Halterungen befestigt die es Ihnen ermöglichen, die AOMs bzgl. des Laserstrahls zu verschieben und zu rotieren. Nutzen Sie dies zur Justage in den einzelnen Aufgabenteilen.



Hinweis: Die beiden AOMs wurden so auf den Haltern befestigt, dass der eine horizontale und der andere vertikale Ablenkung des Laserstrahls bewirkt (Frage: Woran erkennen Sie welcher AOM horizontal und welcher vertikal ablenkt?). Nutzen Sie den AOM mit vertikaler Ablenkung nur in Aufgabe 8.

6.4 Funktionsgeneratoren



Die Funktionsgeneratoren (Agilent 33210A) erzeugen Spannungen (DC, Sinus, Rechteck, Sägezahn, Puls) mit Frequenzen bis zu 10 MHz. Diese dienen zur Ansteuerung der Modulationseingänge (Amplitude (**MOD IN**) und Frequenz (**FREQ IN**) der VCOs. Die verschiedenen Modulationsformen können direkt über die Knöpfe an der Vorderseite der Instrumente eingestellt werden inkl. ihrer Frequenz, Amplitude und ggf. Pulslänge. Eine DC Ausgangsspannung erhalten Sie über das Menü „**UTILITY – DC - ON**“. Für weitere Details sei auf die Anleitung des Funktionsgenerators verwiesen.

WICHTIG: *Vergessen Sie nicht, die Ausgangsimpedanz der Funktionsgeneratoren an die Eingangsimpedanz (50 Ω für **MOD IN** und „high Z“ für **FREQ IN**) der VCOs anzupassen! Dies geschieht über das Menü „**UTILITY – Output Setup**“. Achten Sie darauf, dass Sie nur Spannungen im zulässigen Bereich (0 V ≤ U_M ≤ +5 V bzw. 0 V ≤ U_F ≤ +10 V) ausgeben!*

6.5 Photodetektor

Der Photodetektor (PDA10A-EC) besitzt eine Bandbreite von 150 MHz und lässt sich durch Anschluss an das Osilloskop zur Messung von (zeitabhängigen) Laserintensitäten verwenden. Wird der Detektor an den Spektralanalysator angeschlossen, lassen sich Frequenzen im Bereich seiner Bandbreite nachweisen.

6.6 Oszilloskop

Das Oszilloskop (Tektronix TDS1001B) mit einer Bandbreite von 40 MHz erlaubt es Ihnen, Spannungen zeitaufgelöst zu messen. Das Oszilloskop kann über ein USB-Kabel mit dem Messrechner verbunden und ausgelesen werden.

6.7 HF Spektralanalysator

Der Spektralanalysator (HAMEG HMS1000) erlaubt die Analyse und Darstellung elektronischer Signale mit Frequenzen bis zu 1 GHz. Um optische Signale verschiedener Frequenzen zu analysieren wird das Licht auf einen Photodetektor geleitet, welcher die optischen in elektrische Signale umwandelt. Der Ausgang des Photodetektors wird mit dem Eingang des Spektralanalysators verbunden.

6.8 CCD-Kamera

Die CCD-Kamera kann über den Video-to-USB Konverter mit dem Messrechner verbunden werden, um Bilder zu speichern. Beachten Sie, dass der CCD-Chip leicht sättigt. Verwenden Sie daher einen Polarisator um die Laserintensität ausreichend abzuschwächen.

Versuchsdurchführung

WICHTIG: *Dokumentieren Sie immer **alle** Messergebnisse der einzelnen Aufgaben!!*
Die Messdaten sind am Ende des Versuchs vom Betreuer unterzeichnen zu lassen.

Aufgaben:

1. Beschreiben Sie die verwendeten Bauteile des Versuchsaufbaus

Beschreiben Sie kurz die zur akusto-optischen Modulation benötigten Bauteile und skizzieren Sie deren Zusammenschaltung.

2. Inbetriebnahme des AOMs

Nehmen sie den horizontal ausgerichteten AOM **unter Anleitung des Betreuers** in Betrieb und erzeugen Sie die erste Beugungsordnung. Folgen Sie dazu dem Aufbau in Abbildung 2. Der Laserstrahl soll *horizontal* über der Tischoberfläche in einer Höhe von ca. 10 cm verlaufen.

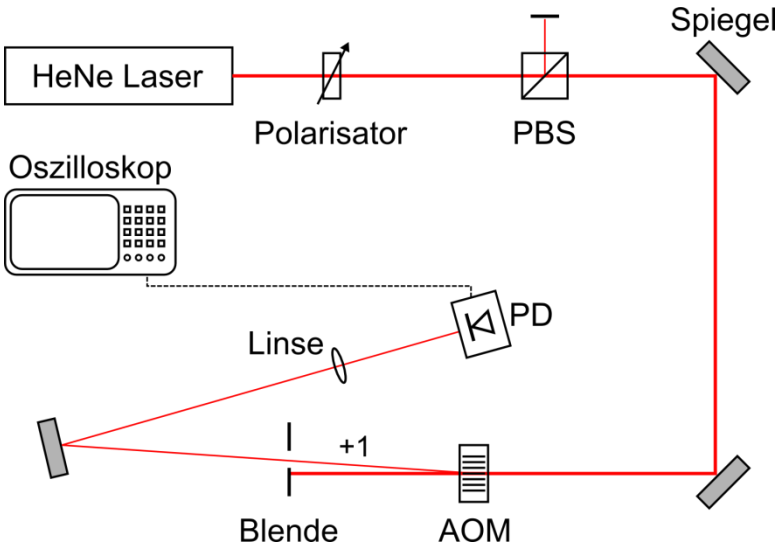


Abbildung 2. Schematischer Aufbau. PBS: Polarisationsstrahlteiler; PD: Photodetektor.

3. Beugungseffizienz in Abhängigkeit von der Intensität der Schallwelle

Messen Sie die Beugungseffizienz ε in die erste Ordnung für verschiedene Frequenzen f_S der Schallwelle in Abhängigkeit ihrer Intensität I_S. Die Beugungseffizienz $\varepsilon=P_1/P_0$ in die erste Ordnung erhalten Sie, indem Sie die Leistung P_1, des in die erste Ordnung gebeugten Lichts, sowie die Leistung P_0 in der nullten Ordnung bei ausgeschaltetem AOM messen (P_0 wird auch hinter dem AOM gemessen!).

Legen Sie dazu jeweils manuell eine konstante Spannung U_F zwischen 0 V und +10 V an den **FREQ IN** Eingang des VCOs an und erstellen Sie ein **LabVIEW** Programm, welches die Spannung U_M zwischen 0 V und +5 V (nicht mehr und nicht weniger!) am **MOD IN** Eingang in Schritten von 0,5 V variiert. Die jeweils gemessene Spannung am Photodetektor soll über die USB-Schnittstelle des Oszilloskops ausgelesen werden und sowohl in Tabellenform in eine Textdatei geschrieben werden, als auch grafisch dargestellt werden.

Weiterhin stellen Sie die Intensität der Laserstrahlung mittels des Polarisators und des PBS so ein, dass der Photodetektor nicht gesättigt wird ($U_{PD}^{out} < +10$ V) und verwenden Sie eine Linse, damit der Lichtstrahl den Chip des Photodetektors vollständig trifft! Notieren Sie für die Fehlerbetrachtung auch die Messungenauigkeiten der jeweiligen Größen und speichern Sie das erzeugte Programm, um es für spätere Aufgaben nochmals nutzen zu können.

Nehmen Sie mindestens drei Messreihen für unterschiedliche Werte U_F, z.B. U_F=0 V, +5 V und +10 V auf. Beachten Sie, dass sich bei einer Änderung von U_F der Gitterabstand im AOM ändert und dieser und der Spiegel daher nachjustiert werden muss.

Wichtig: *Beachten Sie unbedingt die Impedanzanpassung der Funktionsgeneratoren an die **FREQ IN** und **MOD IN** Eingänge. Fragen Sie bei Unklarheiten Ihren Betreuer.*

4. Beugungseffizienz in die erste Ordnung in Abhängigkeit des Winkels

Messen Sie die Beugungseffizienz ε in die erste Ordnung in Abhängigkeit des Winkels zwischen optischer Achse (d.h. Richtung der einfallenden Strahlung) und der Achse des AOMs (d.h. Richtung der Schallwelle).
Überlegen Sie sich zuerst, wie Sie diesen Winkel bestimmen können (*Hinweis*: Achten sie auf Reflexe!). Achten Sie darauf, dass bei der Rotation des AOMs der Laserstrahl nicht vom AOM-Gehäuse abgeschnitten wird, da dies das Messergebnis verfälschen würde. Die Spannungen U_F und U_M sind für diese Aufgabe beliebig innerhalb der erlaubten Werte $0\ V \leq U_F \leq +10\ V$ und U_M = +5 V zu wählen. Notieren Sie auch hier wieder die Messungenauigkeiten.

5. Pulserzeugung

(a) Erzeugen Sie nun Laserpulse indem Sie die Modulationsspannung rechteckförmig variieren (AOM an/aus). Generieren Sie Pulse folgender Pulslängen τ_P und Repetitionsraten f_{rep}: (i) τ_P =500 ms; f_{rep} = 1 Hz; (ii) τ_P =200 µs; f_{rep} = 4 kHz; (iii) τ_P =1 µs; f_{rep} = 500 kHz; Weisen Sie diese über den Photodetektor mit dem Oszilloskop nach und speichern Sie die Daten auf dem Messrechner mit dem Programm ***OpenChoice Desktop***. Wählen Sie die Zeitskala des Oszilloskops so, dass man aus den gespeicherten Daten die Pulslängen *und* Repetitionsraten erkennen kann!

(b) Bauen Sie nun das Experiment gemäß Abbildung 3 auf. Stellen Sie den AOM in den gemeinsamen Fokus zweier Linsen L1 und L2. Der Laserstrahl wird nun in den AOM fokussiert. Beginnen Sie mit einer Brennweitenkombination von f_1=200mm und f_2=150mm. Erzeugen Sie mit dem Funktionsgenerator Rechteckpulse einer Pulslänge von 1 µs und einer Anstiegszeit von 20 ns. Speichern sie den zeitlichen Verlauf der Laserpulse für verschiedene Brennweitenkombinationen (f_1,f_2) zur späteren Auswertung auf dem Messrechner. (*Hinweis:* An Position L1 sollte jede Linse (f_1=200, 150, 100, 50 mm) mindestens einmal gestanden haben.) Beobachten Sie, wie sich die Anstiegszeit der Pulse verhält.

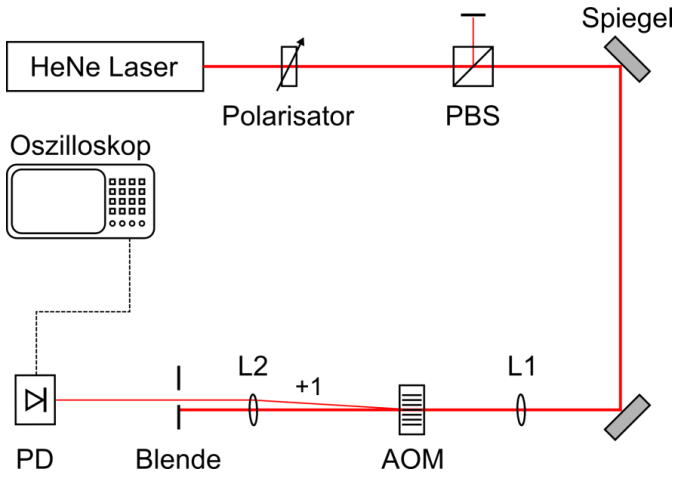


Abbildung 3. Schematischer Aufbau zur Pulserzeugung (b). L1: Linse 1; L2: Linse 2.

6. AOMs als Frequenzschieber

Bauen Sie den AOM in der sogenannten Doppel-Pass-Konfiguration auf (siehe Abbildung 4). Nach Durchlaufen des AOMs sollen alle Beugungsordnungen (mit um 90° gedrehter Polarisation) wieder durch den AOM zurückgeführt und mit dem Photodetektor (PD) und dem Spektralanalysator nachgewiesen werden.

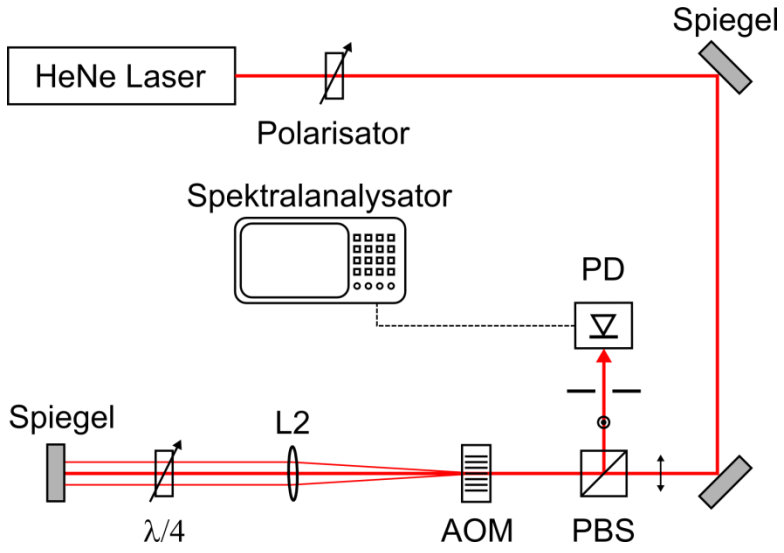


Abbildung 4. Doppel-Pass Konfiguration.

Für diese Aufgabe wird der AOM wieder mit konstanten Spannungen U_F und U_M betrieben. Nehmen Sie Spektren zwischen 0 MHz und 400 MHz(!) für verschiedene HF-Frequenzen des AOMs auf und bestimmen Sie die Mittenfrequenzen der Peaks mit dem Spektralanalysator. Speichern Sie wieder die Messungen auf dem Messrechner für die spätere Auswertung mit dem Programm ***HM Screenshot***.

Kalibrieren Sie den **FREQ IN** Eingang des AOMs, indem Sie die einer Spannung U_F zugehörige Frequenz f_S bestimmen.

Hinweise: Sie benötigen für diese Aufgabe den Polarisationsstrahlteilerwürfel (PBS). Dieser transmittiert p-polarisiertes Licht und reflektiert s-polarisiertes Licht. Benutzen Sie die λ/4-Platte wie in Abbildung 4, um die Polarisation des vom Spiegel reflektierten Lichts um 90° zu drehen. Der Photodetektor weist in dieser Konfiguration Licht der unverschobenen Frequenz in der nullten Ordnung, sowie der verschobenen Frequenz in den ersten Ordnungen nach. Überlegen Sie sich, welche Frequenzen Sie für eine gegebene AOM-Frequenz erwarten nachzuweisen. Vergleichen Sie dies mit den Messungen.

7. Beugungseffizienz in Abhängigkeit von der Frequenz der Schallwelle

(a) Setzen Sie eine weitere Blende so in den Aufbau des AOMs in Doppel-Pass-Konfiguration, dass nur der Strahl mit der ersten Ordnung wieder durch den AOM zurückgeführt wird und benutzen Sie eine zusätzliche Linse damit der Lichtstrahl den Chip des Photodetektors vollständig trifft (siehe Abbildung 5).
Überprüfen Sie, ob der Winkel, unter dem der Strahl auf den AOM trifft, die Bragg-Bedingung erfüllt. Modulieren Sie dazu die Spannung U_F mit einer geeigneten periodischen Funktion zwischen 0 V und +10 V, während Sie sich das Spannungssignal des Photodetektors auf dem Oszilloskop anschauen. Für welche Spannung U_F stellen Sie demnach den Bragg-Winkel ein? Beobachten Sie außerdem die Position der verschiedenen Beugungsordnungen auf Blende B2. Was stellen Sie fest?

(b) Messen Sie nun die Beugungseffizienz ε in die erste Ordnung für unterschiedliche Intensitäten **und** Frequenzen der Schallwelle. Erweitern Sie das in Aufgabe 3 erstellte LabVIEW Programm, so dass die Spannung U_F zwischen 0 V und +10 V in Schritten von 0.5 V verändert wird. Für jeden Wert von U_F soll wie zuvor die Spannung U_M jeweils zwischen 0 V und +5 V in Schritten von 0,5 V variiert werden und die jeweils gemessene Spannung am Photodetektor über die USB-Schnittstelle des Oszilloskops ausgelesen werden. Außerdem soll das neue Programm die Messdaten ebenfalls in eine Textdatei schreiben und grafisch darstellen können.

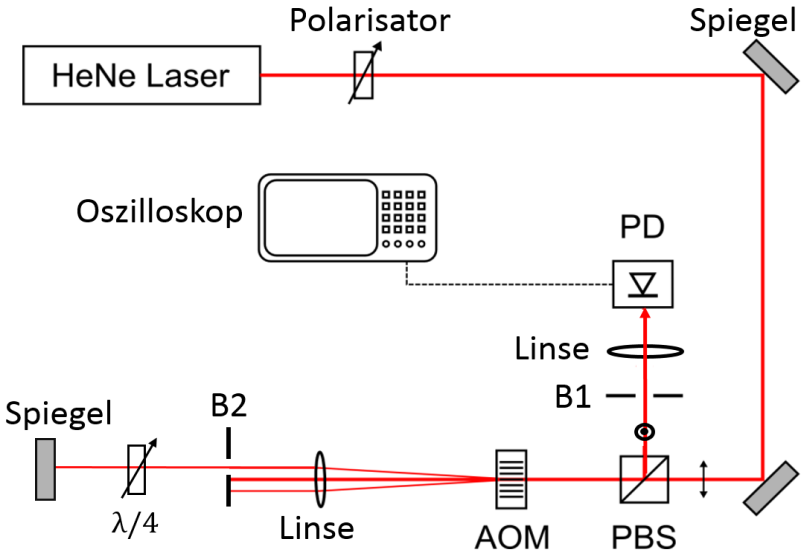


Abbildung 5. Schematischer Aufbau zur Messung der Beugungseffizienz in Doppel-Pass Konfiguration. B1: Blende 1; B2: Blende 2.

8. AOMs als Deflektoren

In dieser Aufgabe soll der Laserstrahl mit Hilfe zweier AOMs zweidimensional abgelenkt und Lissajous-Figuren erzeugt werden.

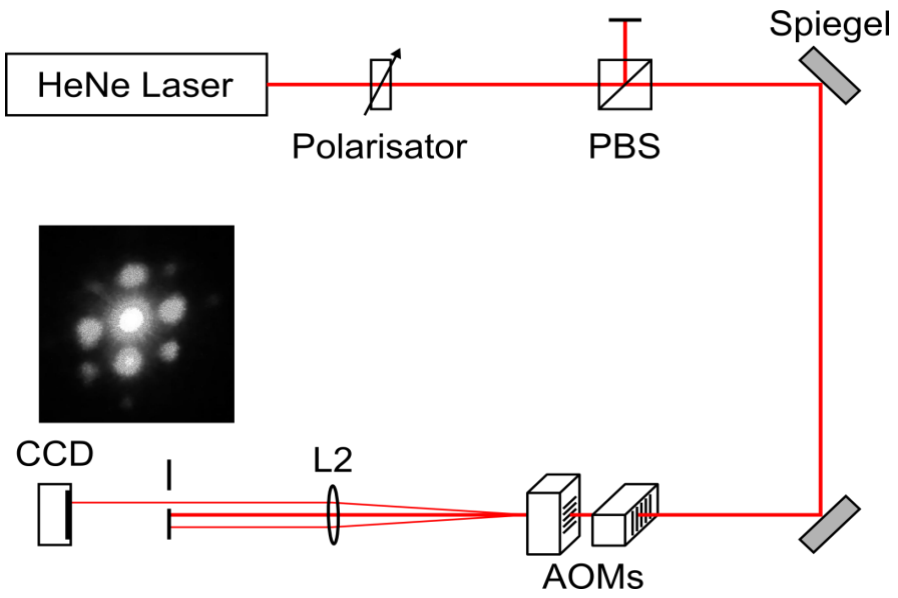


Abbildung 6. 2D-Deflektion eines Laserstrahls mittels zweier relativ um 90° gedrehter AOMs.

Wählen Sie für die Linse L2 die Linse mit der größten Brennweiten f_2 (*warum*?) und stellen die beiden AOMs *gleichzeitig* in deren Fokus gemäß Abbildung 6. Die Linse L1 vor den AOMs wird für diese Aufgabe nicht benötigt. Schließen Sie für diese Aufgabe beide Funktionsgeneratoren an die **FREQ IN** Eingänge der VCOs. Dies wird es Ihnen ermöglichen, die AOMs mit unterschiedlichen Frequenzen zu betreiben. Achten sie darauf, die Impedanz des zuvor zur Amplitudenmodulation verwendeten Funktionsgenerators anzupassen (50Ω → „high Z“). Zur Ansteuerung der **MOD IN** Eingänge verwenden Sie jetzt ein BNC T-Stück sowie das +5 V Schaltnetzteil mit BNC Stecker.

Justieren Sie die AOMs zuerst so (U_F=0 V), dass Sie ein Beugungsmuster wie in Abbildung 5 gezeigt erhalten. Detektieren Sie das Beugungsmuster mit der CCD-Kamera und speichern Sie es (notieren Sie sich den Abstand der Kamera vom AOM für die spätere Auswertung). Um eine Sättigung des CCD-Chips zu verhindern, verwenden Sie den Polarisator in Kombination mit dem Polarisationsstrahlteiler. Modulieren Sie nun Frequenz der Schallwelle sinusförmig über die Spannung U_F. Stellen Sie sicher, dass $0\ V \leq U_F \leq +10\ V$. Setzen Sie dazu bei den Einstellungen der Sinusfunktion LowLevel auf 0 V und HiLevel auf max. + 10 V. Über die Frequenz der Sinusschwingungen können Sie die Frequenzverhältnisse der Lissajous-Figuren verändern.

Erzeugen Sie nun Lissajous-Figuren. Wählen Sie dazu mit der Irisblende aus dem 2D Beugungsmuster eine geeignete Ordnung aus und erfassen Sie diese mit der zur CCD-Kamera gehörigen Software ***IC Capture 2.1***. Erzeugen Sie Lissajous-Figuren mit mindestens vier verschiedenen Frequenzverhältnissen und speichern Sie die Bilder. Wiederholen Sie diese Messung nach ein paar Sekunden. Was beobachten Sie? Sind die Figuren zeitlich stabil?

Auswertung

WICHTIG: *Strukturieren Sie Ihre Ausarbeitung wie folgt:*

1.) Grundlagen / Theorie
2.) Versuchsaufbau (inkl. Skizzen)
3.) Versuchsdurchführung (inkl. der aufgenommenen Messdaten)
4.) Auswertung

Die während der Versuchsdurchführung aufgenommenen Messwerte sind ***im Original*** *an die Auswertung anzuheften!! Es muss* ***nachvollziehbar*** *sein, wie die Auswertungsergebnisse aus den Messdaten erhalten wurden!*

1. Eichen Sie die Kontrollspannung U_F. Tragen Sie hierfür die gemessene Frequenz der Schallwelle gegen die Spannung U_F in einem Diagramm auf. Geben Sie auch Fehlerbalken an.
2. Diskutieren Sie den Ursprung der Peaks innerhalb des in Aufgabe 6 aufgenommenen Gesamtspektrums (0-400 MHz).
3. Tragen Sie die mit Einfach- und Doppel-Pass-Konfiguration gemessenen Beugungseffizienzen in die 1. Ordnung bei der gleichen HF-Frequenz zusammen gegenüber der Kontrollspannung U_M auf und vergleichen Sie die jeweiligen Messreihen.
4. Stellen Sie die in Doppel-Pass-Konfiguration gemessenen Beugungseffizienzen in die erste Ordnung als Kontourplot gegenüber der Kontrollspannung U_M und der HF-Frequenz dar. Rechnen Sie hierfür die Kontrollspannung U_F in die HF-Frequenz um (siehe 1.). Beschreiben Sie das Verhalten der Beugungseffizienz. Welche Bedeutung hat dies für die praktische Verwendung von AOMs?
5. Tragen Sie die Beugungseffizienz in die erste Ordnung in Abhängigkeit vom Winkel zwischen optischer und der Achse des AOM in einem Diagramm auf. Geben Sie auch hier Fehlerbalken an.
6. Werten Sie die in Aufgabe 5. gemessenen Pulsverläufe bzgl. ihrer Anstiegszeit für verschiedene Linsen aus (Hinweis: Die tanh(t) Funktion könnte sich hier als nützlich erweisen). Diskutieren Sie die Ergebnisse. Vergleichen sie die gemessenen Anstiegszeiten mit der Anstiegszeit laut Spezifikation des AOMs.
7. Berechnen Sie aus zuvor gemessenen Größen die Schallgeschwindigkeit im Kristall inkl. des Fehlers.
8. Diskutieren und begründen Sie, in welchem Regime die AOMs dieses Versuchs betrieben werden: Bragg oder Raman-Nath?

Wichtige Punkte zum Laserschutz

Ganz allgemein gilt: Im Umgang mit Lasern ist der gesunde Menschenverstand nicht zu ersetzen! Einige spezielle Hinweise werden im Folgenden angeführt.

1. Die Laserschutzvorschriften sind immer zu beachten.
2. Halten Sie Ihren Kopf niemals auf Strahlhöhe.
3. Die Justierbrille immer aufsetzen.
4. Schauen Sie nie direkt in Strahl – auch nicht mit Justierbrille!
5. Achtung: praktisch alle Laser für Laboranwendungen sind mindestens Klasse 3, also von vornherein für die Augen gefährlich, ggf. auch für die Haut – evtl. auch hierfür Schutzmaßnahmen ergreifen. Zur Justage kann der Laserstrahl mittels einem Stück Papier sichtbar gemacht werden.
6. Auch Kameras besitzen eine Zerstörschwelle!
7. Spiegel und sonstige Komponenten nie in den ungeblockten Laserstrahl einbauen! Vor Einbau immer überlegen, in welche Richtung der Reflex geht! Diese Richtung zunächst blocken, bevor der Strahl wieder frei gegeben wird.
8. Nie mit reflektierenden Werkzeugen im Strahlengang hantieren! Unkontrollierbare Reflexe! Vorsicht ist z.B. auch mit BNC-Kabeln geboten, die in den Strahlengang gelangen könnten! Gleiches gilt auch für Uhren und Ringe. Diese vorsichtshalber ausziehen, wenn Sie mit den Händen im Strahlengang arbeiten.
9. Auch Leistungsmessgeräte können Reflexe verursachen! Unbeschichtete Silizium-Fotodioden reflektieren über 30% des Lichtes!
10. Achtung im Umgang mit Strahlteilerwürfeln! Diese haben immer einen zweiten Ausgang! Ggf. abblocken!
11. Warnlampen bei Betrieb des Lasers anschalten und nach Beendigung der Arbeit wieder ausschalten.
12. Dafür sorgen, dass auch Dritte im Labor die richtigen Schutzbrillen tragen, oder sich außerhalb des Laserschutzbereiches befinden.
13. Filtergläser in Laserschutzbrillen dürfen grundsätzlich nicht aus- oder umgebaut werden!!!
14. In besonderem Maße auf Beistehende achten.
15. Optiken (Linsen, Spiegel etc.) nicht direkt mit den Fingern berühren!

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorstehenden Punkte gelesen und verstanden habe. Ich bestätige, dass ich eine Einführung in den Umgang mit Lasern sowie eine arbeitsplatzbezogene Unterweisung erhalten habe.

Name:

Unterschrift: Datum:

Criterion for Bragg and Raman-Nath diffraction regimes

M. G. Moharam and L. Young

The idea is well entrenched in the literature that thin phase gratings (whether holographic or acoustically induced) should exhibit Raman-Nath behavior (and thus give several diffracted waves), and that thick phase gratings should show Bragg behavior (one diffracted beam and that only for Bragg angle incidence). The parameter Q of Klein and Cook, which is a normalized measure of grating thickness, has been extensively used as a criterion for deciding which regime will apply. It is perhaps not generally realized that Q is not a reliable parameter for this purpose but requires, as indeed Klein and Cook noted, a limitation on grating strength. This limitation is a matter of practical concern. For example, we have observed Raman-Nath behavior with Fe-doped $LiNbO_3$ even for very large values of Q. The purpose of the present paper is to note that a parameter ρ (first defined by Nath) is an effective replacement for Q, since ρ is reliable and Q is not. ρ is defined as $\lambda_0^2/\Lambda^2 n_0 n_1$, where λ_0 is the vacuum wavelength of the light, Λ is the grating spacing, n_0 is the mean refractive index, and n_1 is the amplitude of the sinusoidal modulation of the refractive index. The grating thickness does not enter ρ, so the terms thin and thick are, strictly speaking, irrelevant to the question of which regime is operative. However, thin enough gratings will tend to operate in the Raman-Nath regime because the index modulation must be large for a thin grating to produce appreciable diffraction.

Introduction

The phenomenon of light diffraction by periodic phase gratings, whether holographically or acoustically produced, has been treated extensively by many authors.[1-15] There is general agreement that it is convenient to define two regimes in which phase gratings operate. In the Raman-Nath regime, several diffracted waves are produced. In the Bragg regime, essentially only one diffracted wave is produced, and that only for near Bragg incidence. It has been customary to refer to gratings which operate in the Raman-Nath or the Bragg regimes as thin and thick gratings, respectively. Klein and Cook[4] introduced a parameter Q, defined as $2\pi\lambda_0 L/\Lambda^2 n_0$ (where L is the grating thickness, λ_0 is the vacuum wavelength of light, Λ is the grating spacing, and n_0 is the mean refractive index) to distinguish between the two diffraction regimes. Values of $Q < 1$, i.e., thin gratings, were believed to give Raman-Nath operation. Large values of Q ($Q > 10$), i.e., thick gratings, were believed to give Bragg regime operation. The use of Q is well entrenched in the literature. However, as Klein and Cook noted, their analysis was based on the assumption that $\upsilon = 2\pi n_1 L/\lambda_0$ remains less than six; and if υ exceeds this value, it is necessary to place more restrictive conditions on Q (which they proceeded to discuss). Actually, it can be shown that Q may fail with υ as low as three. Recently, Magnusson and Gaylord[8] have shown theoretically that for a large modulation, higher order diffracted waves become important (Raman-Nath regime) even for large Q. Conversely, for small modulation, only a single wave is diffracted in spite of small values of Q. Kaspar[7] came to a similar conclusion when he compared his theory for a grating with a complex dielectric constant with the coupled wave theory of Kogelnik.[3] Alferness[9] has discussed qualitatively the effect of the magnitude of the modulation of the refractive index on the validity of Q as a tool to predict the regime of diffraction. Various authors[8,9,16] have observed several diffracted waves during hologram recording in lithium niobate and dichromated gelatine when Q was large. We have observed up to eight diffracted waves during hologram storage in 1-cm thick Fe-doped lithium niobate crystal. For this experiment, $Q = 55$.

These experimental observations, in addition to the theoretical predictions which show that Q does not work, led us to reconsider the basis of the use of Q and to seek to find a parameter which could be used to predict the regime of diffraction. We will show that a parameter ρ defined as $\lambda_0^2/\Lambda^2 n_0 n_1$ (where n_1 is the mod-

The authors are with University of British Columbia, Electrical Engineering Department, Vancouver, B.C., V6T 1W5.

Received 30 November 1977.
0003-6935/78/0601-1757$0.50/0.

© 1978 Optical Society of America.

ulation of the refractive index and λ_0, Λ, and n_0 are as defined before) can be reliably used to predict whether one is in the Raman-Nath regime or in the Bragg regime. The parameter ρ was defined first by Nath,[12] who was considering the case of normal incidence. Nath pointed out that, if ρ is very large, the diffraction effect will not be prominent, as is otherwise the case where ρ is nearly zero. Phariseau[13] and later Bergstein and Kermisch[5] and Chu and Tamir[6] have obtained expressions for the intensities of the first few diffracted orders near the first Bragg incidence[5,13] and higher order Bragg angle[6] assuming that ρ is large (Bergstein and Kermisch[5] and Chu and Tamir[6] defined a parameter equal to $1/\rho$ called s and q in successive papers.) Those authors[5,6,13] have used $\rho \gg 1$ (or $1/\rho \ll 1$) in mathematical approximations to obtain analytical expressions of the intensities. They did not use it to predict whether one is in the Raman-Nath or the Bragg regime. In fact, they did not address either the problem of determining the diffraction regime or the problem of the effectiveness of Q in distinguishing between the two regimes.

Theory

The problem of light diffraction by periodic phase gratings has, of course, been treated in detail in many papers.[1–15] We will only give a brief outline here.

The scalar wave equation is

$$\nabla^2 E + k^2 E = 0, \tag{1}$$

where $k^2 = \beta^2 - j\alpha\beta$ and $E(x,z,t)$ is the complex amplitude of the y component of the field. $\beta = 2\pi n/\lambda_0$ is the propagation constant, and n is the refractive index. A sinusoidal modulation of the refractive index is assumed.

$$n = n_0 + n_1 \cos(2\pi x/\Lambda). \tag{2}$$

Here, n_0, n_1, λ_0, and Λ are as defined before. An unslanted grating is assumed for simplicity. The electric field E may be represented by its Fourier expansion as

$$E = \sum_{l=-\infty}^{\infty} \phi_l(z) \exp(-j\bar{\sigma}_l \cdot \bar{r}), \tag{3}$$

where $\bar{\sigma}_l = \bar{\sigma}_0 - l\bar{K}$, where $\bar{K}$ is the grating vector and $K = 2\pi/\Lambda$, $\bar{\sigma}_0$ is the wave vector of the incident wave ($l = 0$), and $\bar{r} = (x,y,z)$.

Substituting Eqs. (2) and (3) in Eq. (1) and neglecting the second derivative with respect to z, we arrive at the well-known set of coupled wave equations:

$$\frac{\partial \phi_l}{\partial \xi} = j\rho l^2(1 - B_l)\phi_l + j(\phi_{l-1} + \phi_{l+1}), \tag{4}$$

where $B_l = 2\Lambda \sin\theta_0/\lambda_0 l$, θ_0 is the external angle of incidence, $\xi = \nu(z/L)$, $\nu = \pi n_1 L/\lambda_0 \cos\theta_1$, and θ_1 is the angle of diffraction of the zero-order mode. Thus, B_l is equal to 1 for Bragg diffraction forming the lth mode, and ν is a measure of the grating strength (and appears, e.g., in the coupled mode theory of Kogelnik for Bragg diffraction[3]). The absorption constant α may be neglected without loss of generality since it can be allowed for by the substitution $\phi_l' = \phi_l \exp(-\alpha z/\cos\theta_1)$.

Equation (4) shows that the lth mode is coupled to itself and to two adjacent modes ($l - 1$th and $l + 1$th modes). Effective energy transfer between modes requires essentially that the factor $\rho l^2(1 - B_l)$ be relatively small since, if this factor is much larger than 1, almost all the energy will be coupled back to the lth mode. [This can be seen from Eq. (1) by neglecting the second term of the right-hand side.] Therefore, if $\rho < 1$, appreciable energy may be transferred successfully to higher order modes up to some value of l provided the magnitude of B_l is appropriately limited. The number of higher order modes depends on how small ρ is. (The smaller ρ is, the larger the number of higher order modes.) If $\rho = 0$, Eq. (1) gives the well-known solution in terms of Bessel functions $\phi_l = j^l J_l(2\nu)$. This solution is often obtained by Fourier expansion of the transmitted wave with spatially sinusoidal phase modulations. A similar solution was shown by Klein and Cook for $Q = 0$. However, as the thickness L of the grating goes to zero ($Q \to 0$) the modulation of the refractive index must go to infinity to retain the finite phase shift ($n_1 L$); and as $n_1 \to \infty$, $\rho \to 0$. Clearly, the case where Q or $\rho = 0$ is a nonphysical situation. For $\rho < 1$, the diffraction process is in the Raman-Nath regime. If $\rho \gg 1$, appreciable energy may be transferred only into the mode for which the Bragg conditions holds or nearly holds, i.e., the mode with l such that $B_l \simeq 1$ for the given θ_0. All the above applies to an infinite plane wave incident on an infinite grating, as in previous work.[4]

The above analysis was illustrated by solving the set

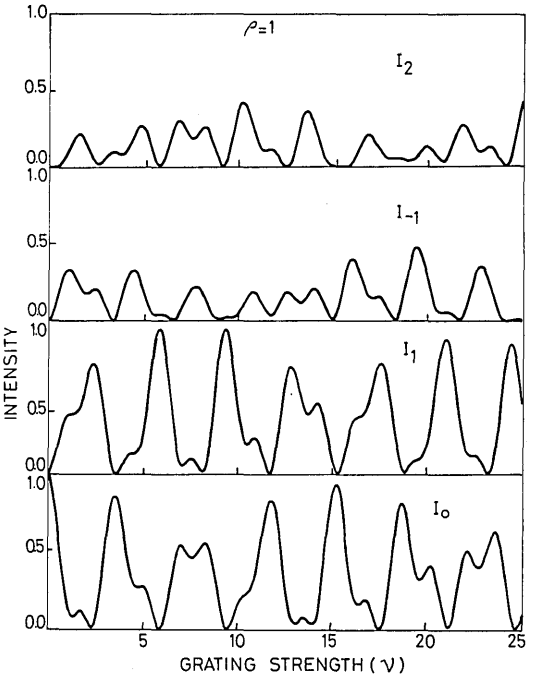


Fig. 1. The intensity of four modes vs the grating strength ν for $\rho = 1$ and $B_l = 1/l$ (i.e., Bragg incidence for the first-order mode). The sum of the intensities of the four modes shown was close to unity for this case, all the other modes being negligibly small.

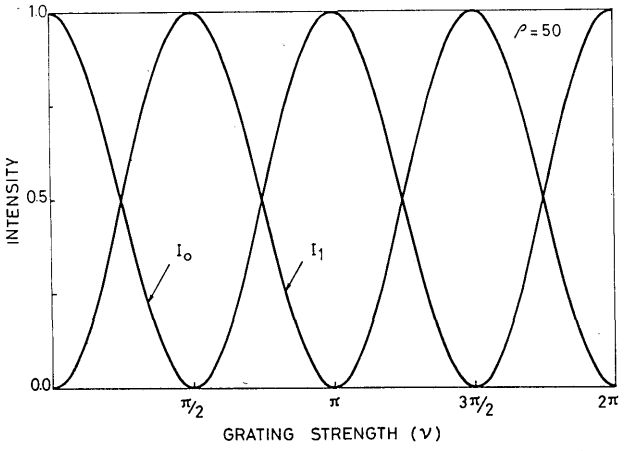


Fig. 2. The intensity of the zero- and first-order modes vs the grating strength ν for $\rho = 50$ and $B_l = 1/l$. All the other modes are negligible. For this value of ρ, $Q = 100\,\nu$.

of Eq. (1), using the UBC computer center, fourth-order Runge-Kutta routine with error control, for the boundary conditions $\phi_0(0) = 1$, $\phi_l(0) = 0$ for $l \neq 0$. The intensity of the lth mode is measured by $\phi_l^*(\nu)\phi_l(\nu)$. The number of modes included (i.e., the number of equations) was increased for each case until no further significant effect occurred for a given value of ρ, e.g., for $\rho = 50$, seven modes were included, and for $\rho = 0.1$, twenty-three modes were needed.

Case I: $\rho \leqslant 1$ (Raman-Nath regime)

Figure 1 shows the intensities of several modes for $\rho = 1$ as a function of the grating strength ν. Bragg incidence for the first mode was assumed (i.e., $B_l = 1$ for $l = 1$). Clearly, even for values of ν corresponding to large values of $Q = 2\nu\rho\cos\theta_1$, the Raman-Nath regime applies; and energy is transferred successively into a large number of modes.

Case II: $\rho \gg 1$ (Bragg regime)

Figure 2 shows a plot of the intensity of the zero- and first-order modes against ν (and by implication Q) for $\rho = 50$ and Bragg incidence for the first-order mode. The energy is transferred to and fro between these two modes as $\cos^2\nu$ and $\sin^2\nu$ in agreement with Kogelnik's coupled wave theory.[3] Phariseau[13] indeed showed that intensities of the higher order modes are of the order of $1/\rho^2$ or less of that of the incident mode (provided that $\rho \gg 1$). Figure 2 shows that the Bragg regime operates for all Q given that $\rho \gg 1$. As ρ becomes larger, the grating becomes more selective, i.e., B_l must be closer to 1 so that the product $\rho l^2(1 - B_l)$ is small enough that the energy may be transferred to the lth mode.

Conclusions

The factor ρ has the advantage over Q as a criterion for whether the Raman-Nath or the Bragg regime will be observed with a given phase grating, that ρ is always reliable and Q is not. A large Q is not. A large ρ favors the Bragg regime. The relative light intensity going into higher order modes is of the order $1/\rho^2$, so a value of $\rho > 10$ indicates more or less ideal Bragg behavior. A further point is that the thickness L of the grating is irrelevant in itself, since it does not enter ρ. This may be explained as follows: to obtain a significant amount of diffraction, the grating strength ν has to be large enough in some sense. For ν to be large enough in this sense, then, if L is large, n_1 may be large or small; so ρ would accordingly be large or small, and we could be in either regime. On the other hand, if L is small, n_1 would have to be large to obtain a sufficiently large ν; in which case ρ would be small, and the Raman-Nath regime would hold. Therefore, the distinction between thick and thin gratings or holograms as determined by the value of L (for given λ_0, n_0, and Λ) in $Q = 2\pi\lambda_0 L/\Lambda^2 n_0$ is invalid as a description of whether a single diffracted beam will be produced, and this only for light incident at or near the Bragg angle, or whether many diffracted beams will be produced regardless of the satisfaction of a Bragg angle, e.g., at normal incidence.

This work was supported by an operating grant from the National Research Council of Canada to L.Y.

References

1. C. V. Raman and N. S. N. Nath, Proc. Indian Acad. Sci. **4,** 222 (1936).
2. C. B. Bruckhardt, J. Opt. Soc. Am. **56,** 1502 (1966).
3. H. Kogelnik, Bell Syst. Tech. J. **48,** 2909 (1969).
4. W. R. Klein and B. D. Cook, IEEE Trans. Sonics Ultrason. **SU-14,** 123 (1967).
5. L. Bergstein and D. Kermisch, Proc. Symp. Mod. Opt. **17,** 655 (1967).
6. R. S. Chu and T. Tamir, IEEE Trans. Microwave Theory Tech. **MTT-18,** 486 (1970).
7. F. G. Kaspar, J. Opt. Soc. Am. **63,** 37 (1973).
8. R. Magnusson and T. K. Gaylord, J. Opt. Soc. Am. **69,** 1165 (1977).
9. R. Alferness, J. Opt. Soc. Am. **66,** 353 (1976).
10. R. Alferness, Appl. Phys. **7,** 29 (1975).
11. S. F. Su and T. K. Gaylord, J. Opt. Soc. Am. **65,** 59 (1975).
12. N. S. N. Nath, Proc. Indian Acad. Sci. **8,** 499 (1938).
13. P. Phariseau, Proc. Indian Acad. Sci. Sect. A **44A,** 165 (1956).
14. D. Kermisch, J. Opt. Soc. Am. **59,** 1409 (1969).
15. N. Uchida, J. Opt. Soc. Am. **63,** 280 (1973).
16. V. E. Wood, N. F. Hartman, C. M. Verber, and R. P. Kenan, J. Appl. Phys. **46,** 1214 (1975).

HTML ABSTRACT + LINKS

Double-pass acousto-optic modulator system

E. A. Donley,[a] T. P. Heavner, F. Levi,[b] M. O. Tataw, and S. R. Jefferts
Time and Frequency Division, National Institute of Standards and Technology, 325 Broadway, Boulder, Colorado 80305

(Received 2 March 2005; accepted 21 April 2005; published online 1 June 2005)

A practical problem that arises when using acousto-optic modulators (AOMs) to scan the laser frequency is the dependence of the beam diffraction angle on the modulation frequency. Alignment problems with AOM-modulated laser beams can be effectively eliminated by using the AOM in the double-pass configuration, which compensates for beam deflections. On a second pass through the AOM, the beam with its polarization rotated by 90° is deflected back such that it counterpropagates the incident laser beam and it can be separated from the input beam with a polarizing beam splitter. Here we present our design for a compact, stable, double-pass AOM with 75% double-pass diffraction efficiency and a tuning bandwidth of 68 MHz full width at half maximum for light transmitted through a single-mode fiber. The overall efficiency of the system (defined as the optical power out of the single-mode fiber divided by the optical power into the apparatus) is 60%.
[DOI: 10.1063/1.1930095]

I. INTRODUCTION

For many laser cooling and trapping experiments, it is necessary to shift and/or sweep the laser frequency at the end of a cooling cycle. This is done to either adiabatically cool the atoms to a lower temperature, or to manipulate them in some other way, such as launching them in an atomic fountain. Most often, the laser frequency must be switched on time scales shorter than 1 ms, and it may be that laser beams with several different frequencies must be produced from a single laser source.

Acousto-optic modulators (AOMs) are widely used to accomplish the frequency control in laser cooling experiments. When the laser frequency is scanned with an AOM, the angle of the first-order diffracted beam shifts as well, since the beam diffraction angle is a function of modulation frequency. Changes in beam diffraction angle may be desirable for some applications where spatially resolved diffracted beams are needed, but for many applications any change in the laser propagation direction is an unwanted side effect. Using an AOM in the double-pass configuration is a way to practically eliminate changes in beam steering during frequency sweeps and jumps within the frequency tuning bandwidth of the AOM. Here we present a detailed description of our modular double-pass system design and a study of the system's performance.

The article is organized as follows. In Sec. II, the laser frequency jump and ramp sequence that is used to cool and launch the atoms in the primary frequency standard at the National Institute of Standards and Technology (NIST) is presented in detail. This provides a real-world example of the level of laser frequency control that can be desirable for atomic physics experiments. In Sec. III, background into the properties of acousto-optic modulators is presented. In Sec. IV, the double-pass configuration is introduced, our specific design is discussed in detail, and the performance of our design is presented.

II. ATOMIC FOUNTAIN LASER FREQUENCY CONTROL

For laser cooling and trapping experiments, the optimum laser intensity and detuning values that maximize the number of laser-cooled atoms are not the same as the optimum values for the lowest atom temperature. The laser intensity that maximizes the number of atoms can depend on the details of the atom source, but in general, a higher laser intensity is better for a thermal source. The optimum laser detuning is generally a few linewidths, but it can also depend on the details of the atom source and the laser intensity. In contrast, at low laser intensities the equilibrium atom temperature in an optical molasses is equal to a small constant term ($\sim 1\ \mu$K for ^{133}Cs) plus a term that is proportional to the laser intensity and inversely proportional to the laser detuning.[1,2] To simultaneously maximize the atom number and minimize the atom temperature, often a brief "postcool" stage is applied as the molasses is turned off. During the postcool stage, the laser frequency is ramped further to the red of the atomic resonance while the intensity is ramped to zero.

The atom launch and postcool sequence for the vertical laser beams used in the NIST-F1 atomic fountain clock at NIST is shown in Fig. 1. NIST-F1 serves as the primary frequency standard for the United States, and a detailed description of the apparatus has been published previously.[3] We accomplish the frequency sweeps and jumps shown in Fig. 1 with AOMs. The intensity ramp is produced by controlling the rf power into the AOM with a voltage-controlled attenuator. With this sequence, we are able to collect about 10^7

[a]Author to whom correspondence should be addressed; electronic mail: edonley@boulder.nist.gov
[b]Permanent address: Istituto Elettrotecnico Nazionale "G. Ferraris" Str. Delle Cacce 91, Torino, Italy.

Downloaded 07 Jul 2005 to 132.163.136.52. Redistribution subject to AIP license or copyright, see http://rsi.aip.org/rsi/copyright.jsp

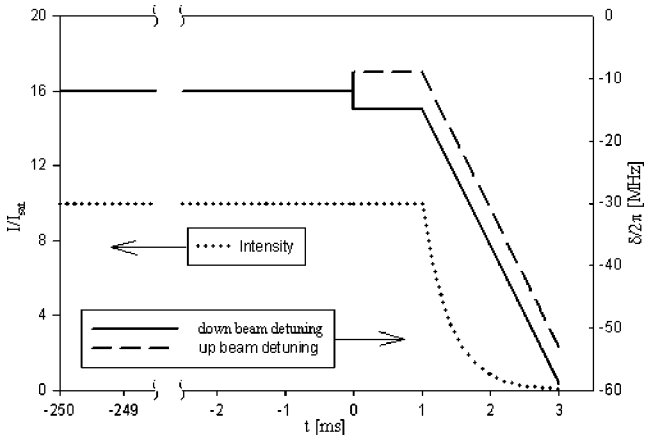


FIG. 1. Laser frequency and intensity ramps typically used for NIST-F1. The intensity is shown on the left vertical scale in units of the saturation intensity, I_{sat}. The laser detuning from resonance is indicated on the right vertical scale. The atoms are initially collected in an optical molasses for ~250 ms. To launch the atoms in a moving molasses, the frequencies of the up (down) beams are shifted from their initial frequencies by typically +2.5 MHz (−2.5 MHz) for 1 ms. Then the atoms are postcooled in the moving frame for 2 ms by ramping down the laser intensity while linearly shifting the frequencies of both beams further to the red by 44 MHz. Note that the frequency and intensity curves for the horizontal molasses beams are not shown. Those beams also have a postcool sequence, but there is no frequency step when the atoms are launched.

atoms per cycle, cool them to ~0.5 μK, and launch them into a microwave cavity structure for Ramsey interrogation.

III. ACOUSTO-OPTIC MODULATORS

A. Bragg scattering

For most practical applications of acousto-optic modulators, the Bragg description of the modulation process is a good approximation to the behavior of the system.[4,5] The main features of AOMs are derived in this picture by treating the modulation as a photon-phonon scattering process.

The Bragg matching condition can be derived by treating the acoustic and optical fields as particles with momentum κ and k, respectively, where κ (k) is the phonon (photon) wave vector for the acoustic (optical) field; $\kappa=\Omega/v_s$, where Ω is the rf modulation frequency and v_s is the speed of sound in the crystal. Similarly, $k=\omega/v_L$, where ω is the light frequency and v_L is the speed of light in the crystal.

A scattering process between photons and phonons results in the absorption or emission of acoustic phonons. A first-order scattering process between a photon and a single phonon is described by the energy-momentum relations

$$\omega_d = \omega_i \pm \Omega,$$

$$k_d = k_i \pm \kappa. \tag{1}$$

The subscripts i and d designate whether the corresponding photon is incident or diffracted. The sign depends on whether the phonon is absorbed or emitted, which depends on the relative orientations of the incident photon and phonon wave vectors.

The Bragg matching condition that determines the optimum angles for the incident laser and acoustic beams for peak first-order diffraction efficiency can be derived with energy and momentum conservation arguments. Figure 2 shows momentum conservation diagrams that describe photon-phonon scattering events in which a phonon is absorbed (+first-order diffraction). The photon momentum of the diffracted light is equal to the sum of the momenta of the phonon and the incident photon. Conservation of energy requires that the frequency of the diffracted beam be shifted upward from ω to $\omega+\Omega$ for a phonon absorption process; but since $\omega \gg \Omega$, the frequency shift can be ignored in the momentum conservation analysis, and $|k_i|=|k_d|$. Adding together the x and y momentum components leads one to Bragg's law

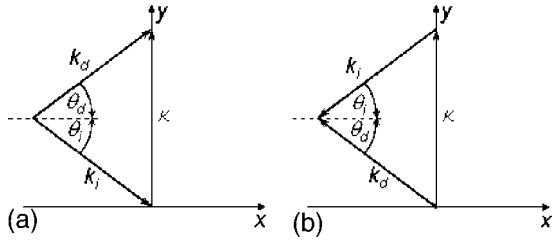


FIG. 2. Momentum conservation diagrams for the absorption of a phonon. The two cases [(a) and (b)] represent two configurations for the incident and diffracted light beams where the conditions are Bragg matched for a given orientation of the phonon momentum. Note that κ, and thus θ_i and θ_d, are made large in the diagrams for clarity. The Bragg angle is normally about 1° or less, and the phonon momentum is roughly two orders of magnitude smaller than the photon momentum.

$$\sin\theta_B = \frac{\kappa}{2\cdot k_i}, \tag{2}$$

where θ_B is the Bragg angle, and $\theta_i=\theta_d=\theta_B$. Note that we have derived Eq. (2) without considering the effect of the boundaries of the acoustic medium. Often it is desirable to calculate the Bragg angle outside of the crystal, $\theta_{B,\mathrm{ext}}$. To close approximation, if the crystal boundaries are parallel to κ, the external Bragg angle is larger than the internal Bragg angle by a factor of n, where n is the refractive index of the acoustic medium.

The cases shown in Figs. 2(a) and 2(b) represent the two geometries where the Bragg matching condition is met for +first-order phonon absorption for a given orientation of κ. Notice that the incident photon wave vector for one case and the diffracted photon wave vector for the other case counterpropagate. This point is relevant to the discussion of the double-pass configuration below. Diagrams similar to those in Fig. 2 can be drawn for the single-phonon emission process, where the diffracted light enters the −first order, and the frequency of the diffracted beam is shifted to $\omega-\Omega$.

B. Acousto-optic devices

A schematic drawing of an acousto-optic modulator is shown in Fig. 3. A rf signal is fed to a strain transducer in contact with the AOM crystal. The rf modulation at frequency Ω causes a traveling density wave to form inside the crystal; the wave propagates at the speed of sound in the crystal, v_s, with the frequency Ω. The refractive index is therefore modulated with a wavelength of $\Lambda=2\pi\cdot v_s/\Omega$, and the crystal acts like a thick diffraction grating with the rulings traveling away from the transducer with a velocity v_s. The Bragg approximation is valid only when the acoustic wave is describable by a plane wave and all phonons have

Downloaded 07 Jul 2005 to 132.163.136.52. Redistribution subject to AIP license or copyright, see http://rsi.aip.org/rsi/copyright.jsp

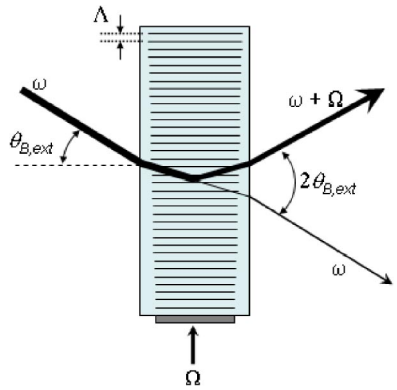


FIG. 3. (Color online) Schematic drawing of an aligned AOM. The AOM is shown in the mode where the light is diffracted into the +first order and the laser frequency is up-shifted by the rf modulation frequency Ω. Note that phonons are absorbed in this configuration, and momentum is transferred to the laser beam in the direction away from the strain transducer. The crystal can also be aligned to be Bragg matched for the −first diffraction order (not shown). In that case, corresponding to a phonon emission process, all of the laser beams are mirror symmetric about the horizontal axis with respect to those shown in the figure, and the diffracted laser frequency is down shifted by Ω. Note that the external Bragg angle is larger than the internal Bragg angle because of refraction at the crystal surfaces.

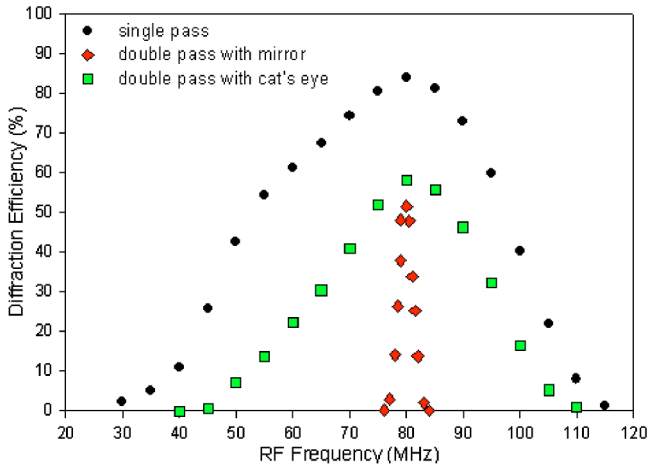


FIG. 4. (Color online) Measured single-pass and double-pass diffraction efficiencies. When comparing the data in the graph, note that for the double-pass measurements the light was diffracted twice by the AOM, and the measurements of the diffracted beam power were performed at the output of a single-mode fiber, which had a coupling efficiency of 80%. It is the overall diffraction efficiency through the fiber that is plotted in the figure for the double-pass data. The double-pass diffraction efficiency at the fiber input is 75%. The double-pass diffraction efficiency measurements were performed with and without the cat's eye lens. Note that since the light frequency is shifted twice for the double-pass measurements, the actual frequency tuning bandwidth is twice the FWHM of the curves. For the double-pass measurements performed with the cat's eye, this corresponds to 68 MHz.

the same wave vector. In practice, this limiting case can be achieved to a close approximation when the strain transducer is long compared to the acoustic wavelength in the direction of laser beam propagation and acoustic diffraction is minimized. It is therefore not uncommon to achieve greater than 80% diffraction efficiency into a single diffraction order with careful engineering.[5] The AOM that we use (Crystal Technology, Inc. 3080-120)[6] has a TeO_2 crystal driven with a longitudinal acoustic mode. At a typical rf frequency of 80 MHz the external Bragg angle is 8 mrad for light with a vacuum wavelength of 852 nm.

C. Bandwidth

The bandwidth is generally defined as the frequency range over which the modulated laser power drops by 50% (3 dB) from the peak value. For the AOM model that we use the specified modulation bandwidth is 20 MHz. The diffraction efficiency that we measured versus rf modulation frequency is presented in Fig. 4 for a single pass through the AOM of a 1.1 mm [full width (FW) $1/e^2$] collimated beam. The full width at half maximum (FWHM) of the curve is ~50 MHz, which is 2.5 times larger than the manufacturer's specified bandwidth. The diffraction efficiencies are the average of four measurements. The values for the absolute errors in the single-pass diffraction efficiency are up to 4%. The double-pass measurements shown in Fig. 4 are discussed in the next section.

IV. DOUBLE-PASS CONFIGURATION

We send light to our apparatus with a number of single-mode optical fibers that facilitate the delivery of laser light to hard-to-reach points on the apparatus and act as spatial filters. While the spatial filtering improves the beam quality and facilitates optics alignment downstream from a fiber, it makes the coupling efficiency for light into the fiber ultrasensitive to the stability of the beam pointing upstream of the fiber. This presents a challenge when the frequency of the light being injected into the fiber is ramped with AOMs, since the Bragg angle depends on the modulation frequency.

The alignment problems caused by AOM frequency sweeps can be practically eliminated by using the double-pass configuration, in which the laser beam travels through the AOM twice and the beam deflection is compensated in the second pass. Modulating the light with the AOM twice also means that the total frequency shift is twice the modulation frequency.

The two momentum conservation diagrams in Figs. 2(a) and 2(b) represent the momentum vectors for the two passes. Notice that the incident and diffracted beams for one case counterpropagate the diffracted and incident beams for the other case. Thus with the alignment optimized, if the +first-order diffracted beam is reflected back onto itself through the AOM for a second pass, the +first-order diffracted beam for the second pass will spatially overlap the original incident beam, independent of the modulation frequency.

Figure 5 is a schematic drawing of our double-pass AOM apparatus, and a photograph is shown in Fig. 6. Light with linear polarization oriented parallel to the page enters the apparatus from the left as shown in Fig. 5. The beam is steered through a polarizing beam splitter and a Galilean telescope by two adjustable mirrors before it enters the AOM. The Galilean telescope reduces the beam diameter from 2.2 to 1.1 mm (FW $1/e^2$) and consists of a plano-convex lens and a plano-concave lens separated by 5 cm. The position of the AOM is constrained by a 3 mm dowel pin, around which the AOM can be rotated about an axis through the center of the crystal. The AOM can be clamped down to the mounting block with two screws after rough

Downloaded 07 Jul 2005 to 132.163.136.52. Redistribution subject to AIP license or copyright, see http://rsi.aip.org/rsi/copyright.jsp

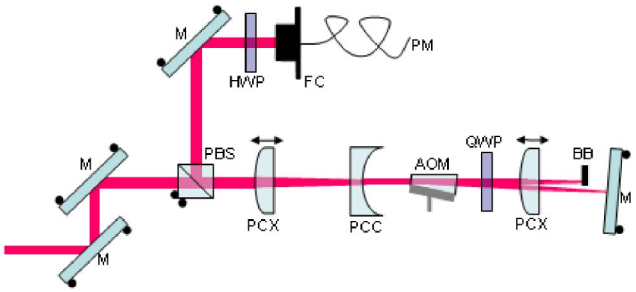


FIG. 5. (Color online) Schematic drawing of the double-pass system. M: mirror; PBS: polarizing beam splitter; PCX: plano-convex lens; PCC: plano-concave lens; AOM: acousto-optic modulator; QWP: quarter-wave plate; BB: beam block; HWP: half wave plate; FC: fiber coupler; PM: polarization maintaining fiber. The circles that are attached to some of the optics represent angular adjustment knobs. The arrows above two of the lenses indicate that they are held in lens-focusing mounts.

angular alignment of the AOM is achieved. Fine angular alignment is accomplished by adjusting the orientation of the two input mirrors. Immediately downstream from the AOM is a quarter-wave plate that circularizes the polarization. The plano-convex lens and mirror downstream from the AOM combine to form the cat's eye retroreflector, which is discussed in detail below. The zeroth-order undiffracted beam is blocked with a beam block before the mirror. The +first-order diffracted beam reflects back from the cat's eye and through the quarter-wave plate, where the polarization is converted back to linear polarization such that the polarization vector is oriented perpendicular to the page on the second pass through the AOM. The light is modulated by the AOM a second time and the resulting +first-order diffracted beam for the second pass overlaps the incident laser beam. The modulated light is then reflected from the adjustable polarizing beam splitter and directed to an adjustable mirror, a half wave plate, and a polarization-maintaining single-mode fiber coupler that contains an 11 mm coupling lens. If beam misalignments of over 1 μm for the focused spot on the fiber core are to be avoided, the angular tolerance for the light beam leaving the AOM is $\sim$0.2 mrad. Note that the Galilean telescope reduces the angular steering of the beam entering the fiber by a factor of 2. Alignment of the laser beam into the fiber coupler is accomplished by adjusting the angles of the mirror and the polarizing beam splitter. To avoid fluctuations of the polarization of the light emerging from the polarization-maintaining fiber, the half wave plate is needed to align the light polarization with the proper axis of the fiber. The base plate to which the optics are mounted is temperature controlled with an inexpensive commercial foil heater and controller. We describe the function of some key features in the apparatus in detail below.

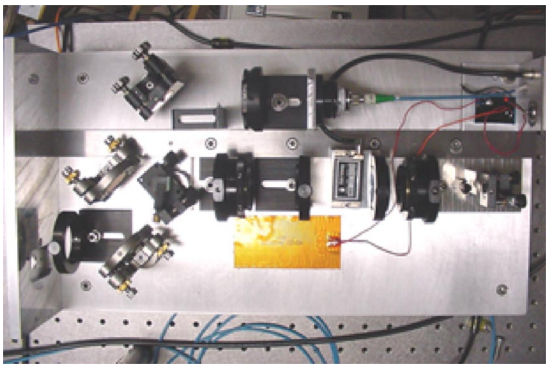


FIG. 6. (Color online) Our double-pass apparatus. The dimensions of the base plate are 25 cm$\times$46 cm.

A. Galilean telescope

The diffraction efficiency for an AOM is a strong function of beam waist diameter, and increases with increasing waist size before leveling off above 90% for a typical diameter of about 0.5 mm. The case enclosing the AOM that we use has laser apertures of 3 mm in diameter, but the active aperture over which the manufacturer guarantees that the device meets specifications is only 1 mm in diameter. The beam size we chose is 1.1 mm (FW $1/e^2$) and is a trade-off between performance and convenience.

The Gaussian beam waist diameter d for a plano-convex lens may be estimated by the formula $d=4\lambda f/\pi D$ in terms of the focal length f, the wavelength λ, and the beam diameter at the lens D. Following the manufacturer's suggestion of using a single plano-convex lens for focusing down the beam while simultaneously optimizing the diffraction efficiency would require the use of a lens with 1 m focal length. If sufficient space is available on the optical table, then we can follow this approach and achieve good diffraction efficiencies with a weakly focused beam.

We can dramatically reduce the size of the apparatus by using a Galilean telescope to reduce the sizes of the laser beams. In principle, by using lenses with very short focal lengths, the length of the telescope can be reduced to a few centimeters. However, there is a trade-off in how small to make the focal lengths. In general, it is much more difficult to fine tune the optical alignment in the apparatus when short focal-length lenses are used to resize the beams. In our apparatus, the input beam has a diameter of 2.2 mm (FW $1/e^2$). We reduce the diameter by a factor of 2 with a +100 mm plano-convex and a -50 mm plano-concave lens spaced by $\sim$50 mm such that the beam entering the AOM is collimated. We mounted the 100 mm converging lens on a commercial lens-focusing mount in order to fine tune the lens spacing. Note that proper orientation of the planar side of the lenses is required to minimize spherical aberrations[4] (see Fig. 5). The alignment of a prototype of the apparatus was much more difficult to optimize and maintain when the Galilean telescope consisted of $f=+50$ mm and $f=-15$ mm lenses.

We also measured the single-pass diffraction efficiency of the AOM with a focused beam by removing the diverging lens, without which the beam waist diameter was $\sim$50 μm in the AOM. If the incident laser beam is strongly focused into the AOM, then there is effectively a range of angles of incidence for the incoming light, and only a fraction of the converging rays are Bragg matched with the crystal. From the point of view of geometric optics, when the beam is focused down, the light rays enter with an angular spread of $\sim$20 mrad. This range is large compared to the external Bragg angle ($\sim$8 mrad), and in this mode only a component of the zeroth-order beam is diffracted into the first-order beam. Since the component of the zeroth-order beam that diffracts depends on the rf frequency, a dark spot is observed

Downloaded 07 Jul 2005 to 132.163.136.52. Redistribution subject to AIP license or copyright, see http://rsi.aip.org/rsi/copyright.jsp

moving across the zeroth-order beam as the rf frequency is swept over the frequency range of the AOM. The maximum diffraction efficiency peaked at approximately 50% of what we observed with a collimated beam.

B. Cat's eye retroreflector

Having a cat's eye[7] as opposed to a simple flat-mirror retroreflector dramatically improves the frequency-tuning range (bandwidth) for the double-pass apparatus. Owing to the dependence of the Bragg angle on the rf modulation frequency, the angle of incidence onto the retroreflector depends on Ω. This can cause the frequency-tuning bandwidth for the double-pass apparatus to be much narrower than for single-pass diffraction, since in practice, the optical alignment is optimized at only a single rf frequency. When the beam arrives at the AOM for its second pass, an imperfect retroreflector causes the angle of incidence on the AOM to deviate from the external Bragg angle and the beam spot position to shift on the AOM. This effect is most problematic when a flat-mirror retroreflector is used.

The standard cat's eye consists of a lens and a mirror with their spacing equal to the focal length of the lens, f. For our application, there is a special configuration for the cat's eye. For optimum performance the spacing between the AOM and the lens should equal the lens focal length.

In this special configuration, as Ω is swept, the diffracted angle is also swept, but when a lens is positioned a distance f from the AOM, the rays emanate from the focal point of the lens, and will emerge from the lens parallel to the zeroth-order beam but deviated by a distance $d = f \cdot \tan(2\theta_{B,\mathrm{ext}})$ for the first-order beam. The angle of the mirror can then be adjusted such that the diffracted beam always hits the mirror at normal incidence independent of the modulation frequency.

The advantage of this special cat's eye configuration was previously noted by Boulanger and co-workers,[8] but they did not present their system in detail and did not inject the modulated light directly into a single-mode fiber. For our apparatus, we find that to efficiently inject the double-passed light into the single-mode fiber without adjusting the beam collimation it is important that the lens-mirror spacing be close to the lens focal length so that the beam is collimated at the single-mode fiber coupler. To be able to optimize the fiber coupling efficiency, we mounted the cat's eye lens onto a commercial lens focusing mount to optimize the lens-mirror spacing. Also, in contrast to what is implied by Boulanger and colleagues, the plano-convex lens in the cat's eye does not have to have a long focal length. We used a lens of half the focal length that they recommended, found the alignment sensitivity unchanged, and still achieved an ideal double-pass bandwidth.

Our cat's eye retroreflector consists of a +75 mm focal-length plano-convex lens and a planar mirror. While the performance is ideal when the AOM-lens spacing is equal to the focal length, the spacing can be reduced by shifting the whole cat's eye toward the AOM to save space if desired without dramatically compromising the bandwidth. For our system, we observe only a 20% decrease in the frequency-tuning bandwidth when the AOM-cat's eye spacing is reduced by 50%.

In principle, we can achieve the same results using a spherical mirror in place of the cat's eye with the mirror positioned at a distance equal to its radius of curvature from the AOM. However, it is difficult to find an inexpensive concave mirror with high reflectivity.

C. Performance

We typically observe diffraction efficiencies exceeding 85% for a single pass and 75% for a double pass. Our data are summarized in Fig. 4, where single-pass and double-pass measurements are presented. It is important to emphasize that, although the three curves are shown together, the values of the diffraction efficiencies for the single-pass and double-pass measurements have different meanings. Whereas the single-pass diffracted power was directly measured at the AOM output, the light for the double-pass measurements was diffracted by the AOM twice and this diffracted light was injected into a single-mode fiber. The power for the double-pass configurations was measured at the fiber output to have a sensitive test on beam pointing stability. The peak double-pass diffraction efficiency is 75% without the fiber, as compared to 85% for the single-pass efficiency, which indicates that the second-pass diffraction through the AOM can be more efficient than the first-pass diffraction.

The ratio of the FWHM for the single-pass measurements to the FWHM of the double-pass measurements performed with the cat's eye is 1.43(7). Assuming a Gaussian dependence, in theory, if there were no beam steering problems, the diffraction efficiency function for the single-pass should be squared to arrive at the diffraction efficiency frequency dependence for the double pass. Thus, the optimum ratio of the single-pass to the double-pass bandwidth is $\sqrt{2}$, in agreement with what we observe. This agreement shows that the cat's eye acts as an ideal retroreflector. Note that the frequency dependencies shown in Fig. 4 are in terms of the rf modulation frequency, not the actual frequency shift, which is two times larger for a double pass. So, in terms of the frequency tuning range, the bandwidth of the double pass with the cat's eye is larger than that of the single pass by $\sqrt{2}$.

Quite striking is the difference between the double-pass measurements performed with and without the cat's eye lens. Having the cat's eye retroreflector as opposed to a planar mirror increases the frequency-tuning bandwidth of the device by about one order of magnitude.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank M. A. Lombardi and D. R. Smith for helpful comments on this manuscript. This work is a contribution of NIST, an agency of the U.S. government, and is not subject to copyright.

[1] C. Solomon, J. Dalibard, W. D. Phillips, A. Clairon, and S. Guellati, Europhys. Lett. **12**, 683 (1990).
[2] C. G. Townsend *et al.*, Phys. Rev. A **52**, 1423 (1995).
[3] S. R. Jefferts *et al.*, Metrologia **39**, 321 (2002).
[4] R. Guenther, *Modern Optics* (Wiley, NewYork, 1990).
[5] E. H. Young and S. Yao, Proc. IEEE **69**, 54 (1981).

Downloaded 07 Jul 2005 to 132.163.136.52. Redistribution subject to AIP license or copyright, see http://rsi.aip.org/rsi/copyright.jsp

[6] Products or companies named here are cited only in the interest of complete scientific description, and neither constitute nor imply endorsement by NIST or by the US government. Other products may be found to serve just as well.

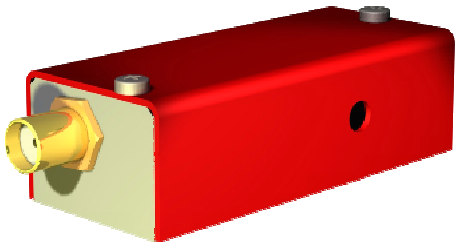
[7] J. J. Snyder, Appl. Opt. **14**, 1825 (1975).

[8] J. S. Boulanger, M. C. Gagné, and R. J. Douglas., Proceedings of the 11th European Frequency and Time Forum, Neuchatel, France, 4–6, March, 1997, pp. 567–571.

Downloaded 07 Jul 2005 to 132.163.136.52. Redistribution subject to AIP license or copyright, see http://rsi.aip.org/rsi/copyright.jsp

MT80 AO Modulator/Shifter

TeO2 modulator for 450-1100 nm lasers



• Wide spectral range • Linear or random Polar

These modulators have been specially designed for general purpose low speed applications. They are proposed with various wavelength ranges or with V-coating.

They can also be used as fixed frequency shifters @80 MHz, as well as variable frequency shifters with a frequency range up to 80 +/- 15 MHz.
With an adapted frequency range, user will be able to operate this device as a high speed low resolution deflector.

Specifications

Material-Acoustic mode	TeO2 [L]
Acoustic Velocity	V=4200 m/s
Optical Wavelength range	VIS: 450-700 nm IR: 700-1100 nm 1064 nm: 980-1100 nm
Transmission	VIS/IR: > 95 % 1064 nm: 98% @1064nm
Optical Input / Output polarizations	Linear
Aperture	1 x 2 mm² or 1.5 x 2 mm²
Carrier frequency / Frequency shift	80 MHz
Separation angle	10.1 mrd @532 nm 20.3 mrd @1064 nm
Diffraction efficiency (with TEM00 beam, $M^2 \leq 1.1$)	85 %
Rise time	160 ns/mm (min 24 ns)
Amplitude modulation bandwidth	> 20 MHz (-3 dB, @150µm)
Static extinction ratio	> 2000/1
Max optical power density	VIS : 5 W / mm² @532 nm, IR : > 10 W / mm²
Input impedance	Nom 50 Ω
V.S.W.R.	Nom < 1.5/1
RF Power	VIS: ≤ 1 Watts IR/1064 nm: ≤ 2 Watts
Connector	SMA
Size / Weight	(LxlxH) 50.9 x 22.4 x 15.8 mm^3 / 50 g
Operating Temperature	10 to 40 °C

AA Sa 18, rue Nicolas Appert 91898 ORSAY France
Tel : +33 (0)1 76 91 50 12 – Fax : +33 (0)1 76 91 50 31 – www.aaoptoelectronic.com
QUANTA TECH 116 West, 23rd Street - Suite 500 New York, NY 10011 USA
Tel: 646 375 2452 - Fax: 866 978 2682 – www.quanta-tech.com

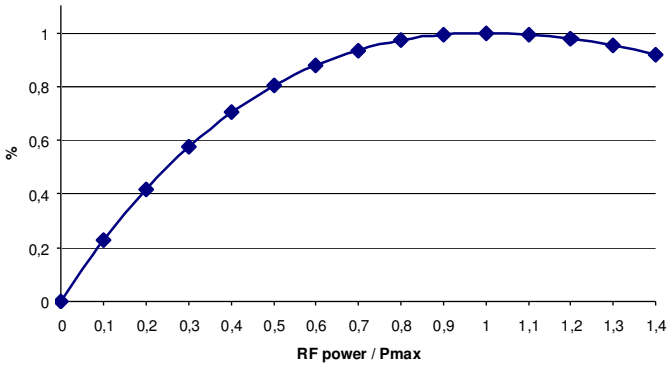
→ Separation angle (Δθ) is wavelength (λ) sensitive:

$$\Delta\theta = \frac{\lambda F}{V}$$

→ RF power (P) is wavelength (λ) sensitive:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\lambda_1^2}{\lambda_2^2}$$

Relative Diffraction Efficiency vs RF Power



OPTION

Frequency range 80+/-15MHz
Nominal efficiency over 80+/-15MHz > 70%

MT80-Ax-zz

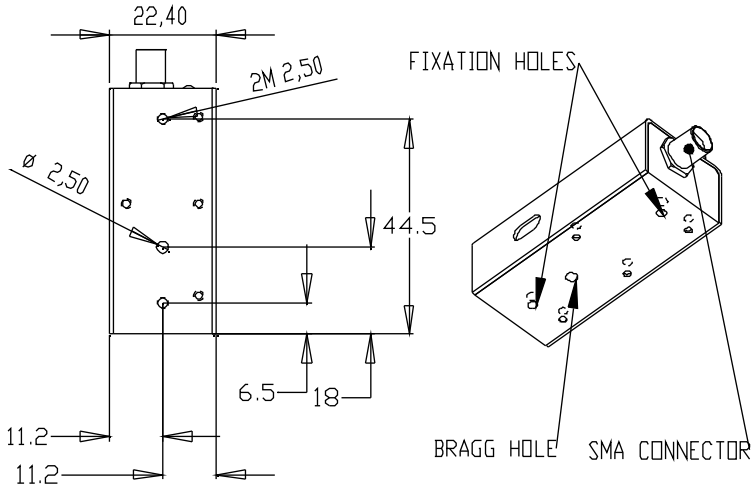
X (aperture, mm) **= 1 or 1.5**

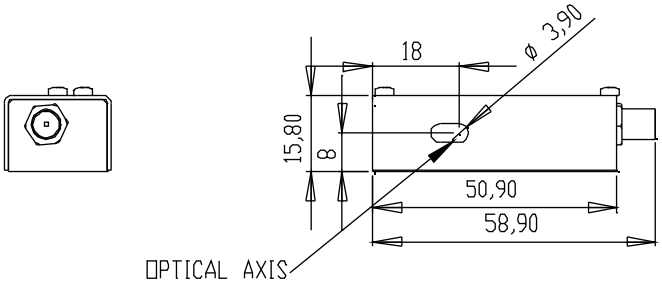
Y = frequency range (MHz) if any

ZZ = VIS (450-700 nm), **IR** (700-1100 nm), **@1064nm**

Outline Drawing

(sizes in mm)

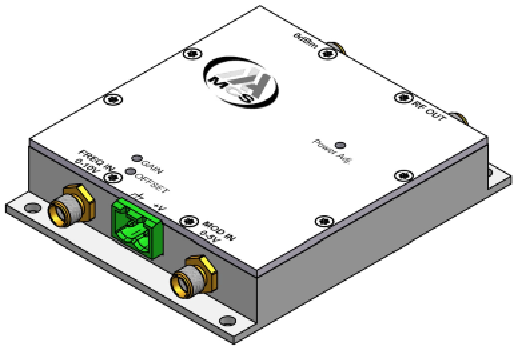




AA Sa 18, rue Nicolas Appert 91898 ORSAY France
Tel : +33 (0)1 76 91 50 12 – Fax : +33 (0)1 76 91 50 31 – www.aaoptoelectronic.com
QUANTA TECH 116 West, 23rd Street - Suite 500 New York, NY 10011 USA
Tel: 646 375 2452 - Fax: 866 978 2682 – www.quanta-tech.com

DRFA10Y Fast VCO driver

Fast sweeping time VCO



• Random access or raster scan • OEM & Laboratory versions • Sweeping time ≤ 1 µs

These Voltage Controlled Oscillators are the simplest way to control a deflector or a variable frequency shifter, in random access or raster scan mode.
A voltage between 0 and 10 V is applied on the frequency control input in order to sweep the frequency. The sweeping time from Fmin to Fmax can be as low as 1 µs. The typical stability of a VCO is 50 to 100 KHz/°C : in option higher stabilities are proposed, and for the sharpest applications, a DDS will be preferred.
These drivers are used in combination with AA amplifiers.

Specifications

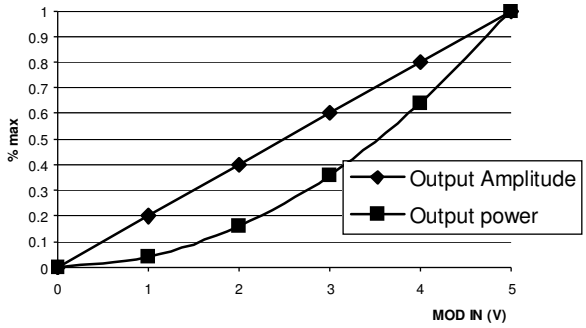
Frequency range	Up to one octave (40-100, 60-150, 80-200, 140-300, 190-350) Matched to AO device at factory
Frequency stability	Nom +/- 50 to 100kHz/°C
Sweeping time	≤ 1 µs
Frequency control [1]	Analog 0-10 V / 1 KΩ
Linearity (full bandwidth)	Nom +/- 5 %
Rise time / Fall time (10-90 %)	< 10 ns
Modulation input control [1] **Video In**	Analog 0-5 V / 50 Ω
Extinction ratio [2]	> 40 dB
Harmonics	Nom > 20 dBc
Output RF power [3]	Nom - 30 to 0 dBm (to be associated with AA Amplifier)
Output impedance	50 Ω
V.S.W.R.	≤ 1.5 : 1
Power supply	***OEM version :*** 24 VDC – nom 150 mA ***Laboratory version*** [4] ***:*** 110-230 VAC – 50-60 Hz
Input / Output connectors [2]	SMA
Size	***OEM version :*** 84 x 69 x 15.8 mm^3 ***Laboratory version*** [4] ***:*** 310 x 250 x 105 mm^3
Weight	***OEM version :*** 0.2 Kg ***Laboratory version*** [4] ***:*** 4 Kg
Cooling	Conduction through baseplate
Maximimun case temperature	50 °C
Operating temperature	10 to 40 °C

[1] On request different Video In are proposed : 0-5 V/50 Ohms, 0-5V/500 Ohms, TTL…
[2] Other values or models on request
[3] Fully adjustable with screw potentiometer from 0 to 1 watt or 0 to 2 Watts
[4] These versions are complete turn key systems with minimum set up time.
The source and convenient amplifiers are integrated in a rack which is supplied with 110-230 VAC.
A selection switch on front panel allows the user to select both operating modes:

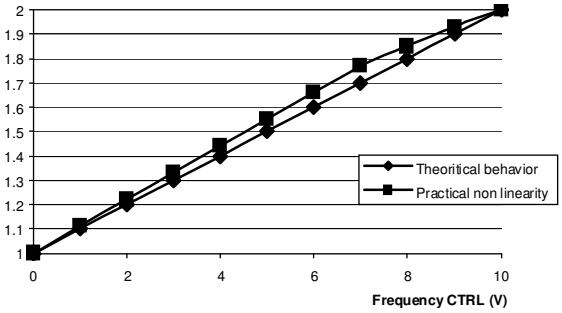
- CW mode: internal CW modulation of RF power with front pannel cursor.
- AM mode: external amplitude modulation controlled through external modulation input.
- F CW mode: internal CW modulation of RF Frequency with front pannel cursor.
- FM mode: external frequency modulation controlled through external input.

AA Sa 18, rue Nicolas Appert 91898 ORSAY France
Tel : +33 (0)1 76 91 50 12 – Fax : +33 (0)1 76 91 50 31 – www.aaoptoelectronic.com
QUANTA TECH 116 West, 23rd Street - Suite 500 New York, NY 10011 USA
Tel: 646 375 2452 - Fax: 866 978 2682 – www.quanta-tech.com

Relative Power/Amplitude vs MOD IN



Frequency versus Input voltage control

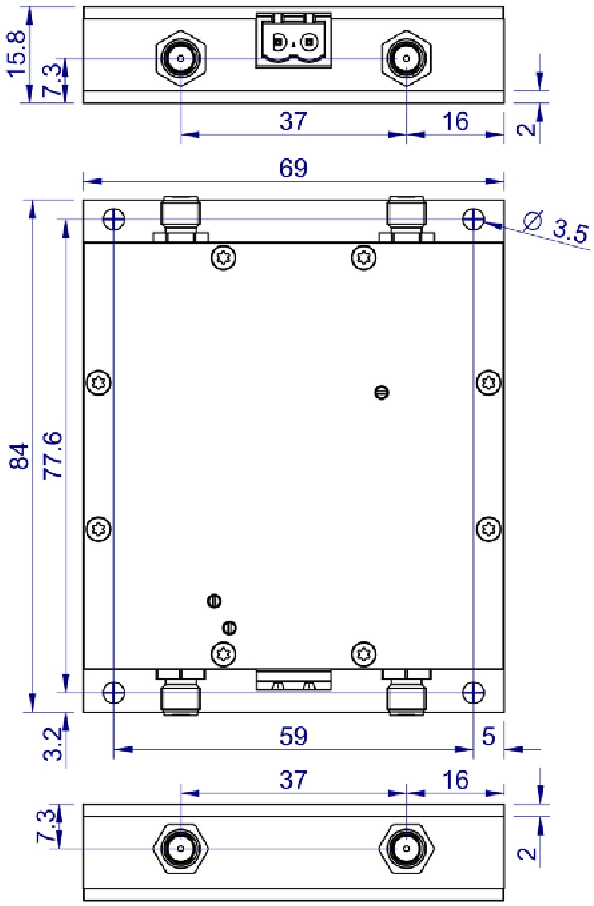


DRFA10Y-B-0

B = B (24 VDC), **D** (110-230 VAC) (Power supply)
0 = 0 dBm (30, 33…)

Outline Drawing

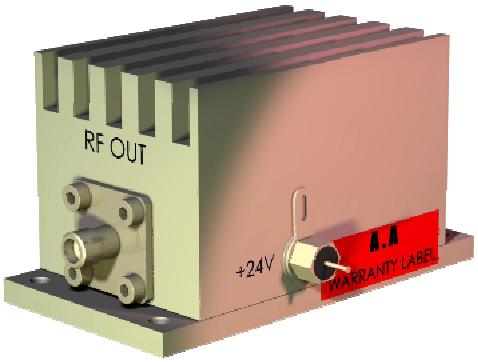
sizes in mm OEM Version



AA Sa 18, rue Nicolas Appert 91898 ORSAY France
Tel : +33 (0)1 76 91 50 12 – Fax : +33 (0)1 76 91 50 31 – www.aaoptoelectronic.com
QUANTA TECH 116 West, 23rd Street - Suite 500 New York, NY 10011 USA
Tel: 646 375 2452 - Fax: 866 978 2682 – www.quanta-tech.com

AMPA–B-30 -33 Large Band RF amplifier

RF amplifiers 1 & 2 Watts



• Large band • General purposes

These amplifiers are made for general purpose applications, covering frequency ranges up to 450-600 MHz.

In association with a VCO driver or a DDS driver, they will provide the necessary RF power to drive an acousto-optic device up to 2 watts.

Specifications

Frequency range[1]	**1 Watt :** 20-450 MHz **2 watts :** 20-600 MHz
Gain[2]	**1 Watt :** ≥ 33 dB **2 watts :** ≥ 40 dB
Gain Flatness	Nom +/- 0.5 dB, ≤ +/1 dB
Noise Figure	**1 Watt :** nom 5 dB **2 watts :** nom 7 dB
Output RF Power (1 dB compression)	≥ 30 dBm (≥ 29.5 dBm @ <40 MHz), 1 Watt ≥ 33 dBm , 2 Watts
Output Impedance	50 Ω
CLASS	**A**
Power supply[3]	**1 Watt :** 24 +/- 0.5 VDC - ≤ 340 mA **2 watts :** 24 +/- 0.5 VDC - ≤ 500 mA
Input / Output connectors	SMA female
Size	76 x 40 x 42 mm^3
Weight	0.22 Kg
Heat exchange	Conduction through baseplate
Operating temperature	-10 to +55 °C

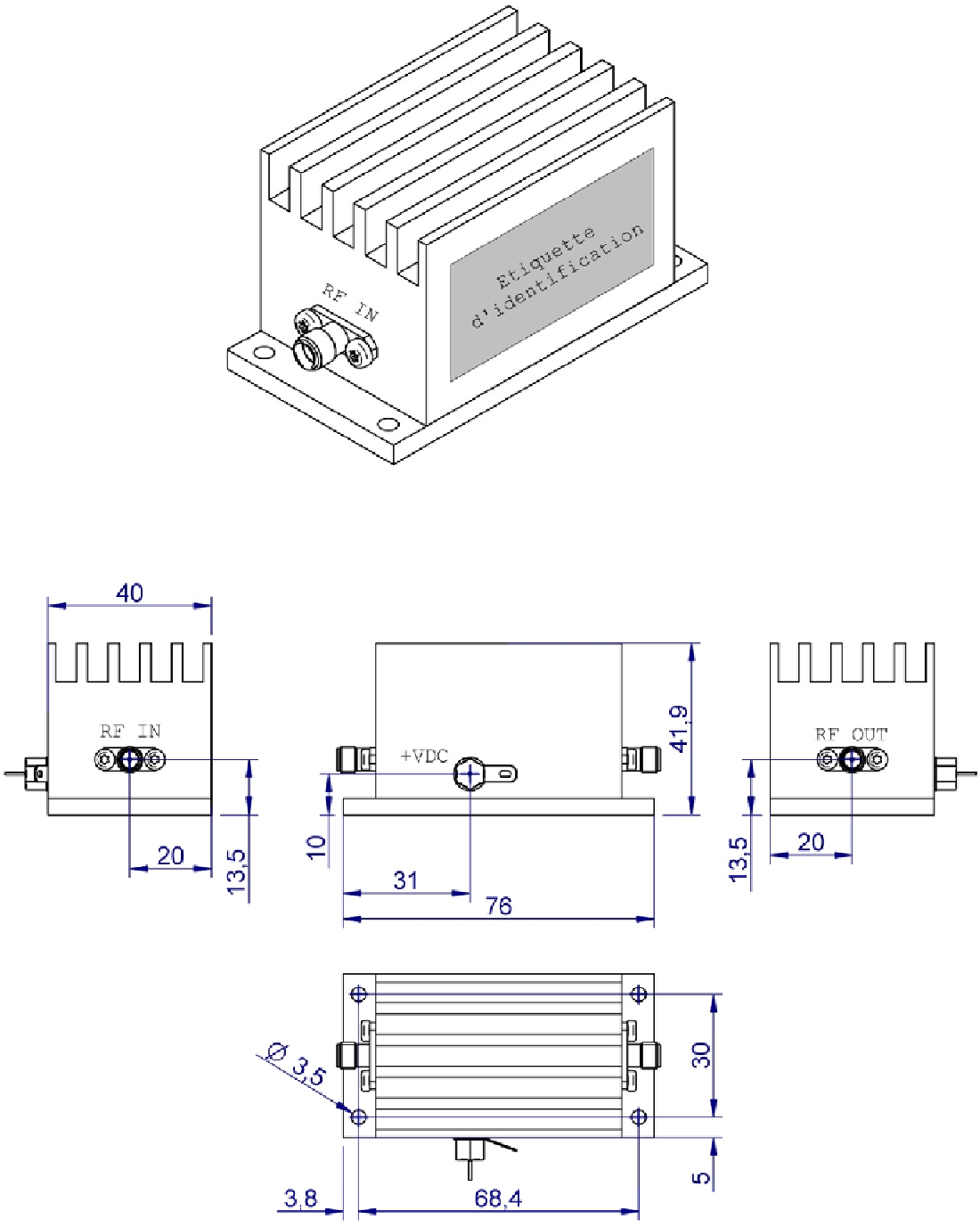
[1] Optimized at factory according to AO device if any
[2] Other values or models on request
[3] 110/230 VAC available on request

AA Sa 18, rue Nicolas Appert 91898 ORSAY France
Tel : +33 (0)1 76 91 50 12 – Fax : +33 (0)1 76 91 50 31 – www.aaoptoelectronic.com
QUANTA TECH 116 West, 23rd Street - Suite 500 New York, NY 10011 USA
Tel: 646 375 2452 - Fax: 866 978 2682 – www.quanta-tech.com

Models

AMPA-B-30 : Amplifier 1 Watt
AMPA-B-33 : Amplifier 2 Watts

Outline Drawing (sizes in mm)



AA Sa 18, rue Nicolas Appert 91898 ORSAY France
Tel : +33 (0)1 76 91 50 12 – Fax : +33 (0)1 76 91 50 31 – www.aaoptoelectronic.com
QUANTA TECH 116 West, 23rd Street - Suite 500 New York, NY 10011 USA
Tel: 646 375 2452 - Fax: 866 978 2682 – www.quanta-tech.com

(D) BEDIENUNGSANLEITUNG www.conrad.com

CCD Platinenkamera

Version 06/06

Best.-Nr. 19 09 74 1/3” Schwarzweiß
Best.-Nr. 19 09 88 1/3” Farbe

Bestimmungsgemäße Verwendung

Das Kameramodul mit manueller Fokusanpassung ist für Überwachungs- und Sicherheitszwecke in wichtigen, unbeaufsichtigten Bereichen (z. B. Geschäftsräumen, Gegensprechanlagen, Einfahrten und Parkgaragen konzipiert. Die Aufnahmen können auf beliebigen Wiedergabegeräten mit Videoeingang, wie etwa einem TV oder Monitor, wiedergegeben werden.
Das Kameramodul darf nicht ohne Schutzgehäuse eingesetzt werden und kann ausschließlich mit 12 V DC betrieben werden. Kontakt mit Feuchtigkeit muss unbedingt vermieden werden!
Das Kameramodul anderweitig als oben beschrieben einzusetzen, ist nicht zulässig und führt zu einer Beschädigung des Produkts. Damit verbundene Risiken beinhalten Kurzschluss, Brandgefahr, Elektroschock, usw. Weder das Produkt noch Teile davon dürfen geändert oder nachgebaut werden. Lesen Sie die Bedienungsanweisung aufmerksam durch, und bewahren Sie sorgfältig auf.

Sicherheitshinweise

Bei Schäden, die durch Nichtbeachtung dieser Bedienungsanleitung verursacht werden, erlischt der Garantieanspruch! Für Folgeschäden und bei Sach- und Personenschäden, die durch unsachgemäße Handhabung oder Nichtbeachten der Sicherheitshinweise verursacht werden, übernehmen wir keine Haftung!
Ein Ausrufezeichen im Dreieck weist auf wichtige Informationen in der Bedienungsanleitung hin. Lesen Sie die gesamte Bedienungsanleitung durch und beachten Sie unbedingt alle Sicherheitsanweisungen.

- Das Produkt darf nicht verändert oder umgebaut werden, sonst erlischt nicht nur die Zulassung (CE), sondern auch die Garantie/Gewährleistung.
- Das Produkt darf nicht extremen Temperaturen, direktem Sonnenlicht, intensiver Vibration, Staub oder Feuchtigkeit ausgesetzt werden.
- Das Kameramodul muss vor der Inbetriebnahme in ein geeignetes Gehäuse installiert werden.
- Die Installation der Sensorkamera in der Nähe starker Magnet- oder Elektrofelder, wie etwa Mobiltelefone, Funkgeräte, Elektromotoren, usw. ist nicht empfehlenswert.
- Das Kameramodul kann nur mit einem Netzteil oder einem Akku mit stabilisierter Gleichspannung betrieben werden. Der Strom der Spannungsquelle muss ausreichend sein.
- Nach extremen Temperaturunterschieden benötigt das Gerät 15 Minuten zur Stabilisierung, um sich an die neue Umgebungstemperatur anzupassen, bevor es in Betrieb genommen werden kann.
- Beim Anschließen der Kamera ist sicherzustellen, dass die Verbindungskabel nicht durch scharfe Kanten beschädigt werden.
- Beim Einsatz anderer Geräte oder Werkzeuge müssen die jeweiligen Bedienungsanweisungen beachtet werden.
- Beim Einsatz eines Netzteils als Spannungsquelle müssen die geltenden Sicherheitsrichtlinien auf alle Fälle befolgt werden. Autoladegeräte und Netzteile für Kinderspielzeug sind nicht als Spannungsquellen geeignet und führen dazu, dass die Komponenten beschädigt werden oder das Gerät nicht funktioniert.
- In gewerblichen Einrichtungen sind die Unfallverhütungsvorschriften des Verbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften für elektrische Anlagen und Betriebsmittel zu beachten.
- Wenn anzunehmen ist, dass ein gefahrloser Betrieb nicht mehr möglich ist, so ist das Gerät außer Betrieb zu setzen und gegen unbeabsichtigten Betrieb zu sichern. Es ist anzunehmen, dass ein gefahrloser Betrieb nicht mehr möglich ist, wenn:
  - das Gerät sichtbare Beschädigungen aufweist,
  - das Gerät nicht mehr arbeitet und
  - nach längerer Lagerung unter ungünstigen Verhältnissen oder
  - nach schweren Transportbeanspruchungen.
- Falls Sie bezüglich Installation oder Betrieb des Kameramoduls Zweifel haben, wenden Sie sich bitte an ausreichend qualifiziertes Personal.
- Lassen Sie niemals Verpackungsmaterial unachtsam herumliegen. Plastikfolien/Taschen usw. können für Kinder zu einem gefährlichen Spielzeug werden, es besteht Erstickungsgefahr.
- Das Produkt ist kein Spielzeug und muss außerhalb der Reichweite von Kindern gehalten werden!
- Wartung, Anpassungs- und Reparaturarbeiten dürfen nur von einer Fachkraft bzw. einer Fachwerkstatt durchgeführt werden.
- Sollten Sie noch Fragen haben, die in dieser Bedienungsanleitung nicht beantwortet werden, so wenden Sie sich bitte an unseren technischen Kundendienst oder andere Fachleute.

Anschluss und Betrieb

Zum Betrieb der Sensorkamera ist eine 12 V-Spannungsquelle zu verwenden. Unter keinen Umständen ist eine andere Spannungsquelle zu verwenden. Die Spannungsquelle muss einen Ausgangsstrom von 100 mA liefern können. Ein überlasten der Spannungsquelle ist unbedingt zu vermeiden.
Wenn Sie ein Netzteil als Spannungsquelle verwenden, muss dieses beim Anschließen ausgeschaltet sein.
Beim Anschließen ist die Polarität zu beachten. Unterlassen Sie dies, können die Komponenten der Sensorkamera beschädigt werden.

An dem Kabel ist eine gelbe Cinch Buchse montiert, für den direkten Anschluss an einem TV Gerät oder Monitor FBAS (C
Es ist auch eine DC Buchse (rot) montiert
Abmessungen aussen Ø 5,5 mm innen Ø 2,1 mm
Polarität innen Plus (+) aussen Minus (-)

Manuelles Anpassen der Brennweite möglich

1. Lockern Sie die Schraube am Linsenansatz.
2. Drehen Sie die Linse im Uhrzeigersinn/gegen den Uhrzeigersinn, um die Brennweite anzupassen.
3. Ziehen Sie nach dem Einstellen der gewünschten Brennweite die Schraube nach.

Wartung und Reinigung

Außer dem gelegentlichen Reinigen der Linse muss das Kameramodul nicht gewartet werden.
Verwenden Sie ein sauberes, flusenfreies, antistatisches, trockenes Tuch zum Reinigen der Linse. Verwenden Sie keine Glanz- oder chemischen Mittel bzw. Lösungsmittel.

Entsorgung

Im Interesse unserer Umwelt und um die verwendeten Rohstoffe möglichst vollständig zu recyceln, ist der Verbraucher aufgefordert, gebrauchte und defekte Geräte zu den öffentlichen Sammelstellen für Elektroschrott zu bringen.
Das Zeichen der durchgestrichenen Mülltonne mit Rädern bedeutet, dass dieses Produkt an einer Sammelstelle für Elektronikschrott abgegeben werden muß, um es durch Recycling einer bestmöglichen Rohstoffwiederverwertung zuzuführen.

Technische Daten

Best.-Nr.	190974	190988
Betriebsspannung	12V=	12V=
Stromaufnahme	ca. 100 mA	ca. 100 mA
Bildsensor	1/3” CCD Schwarz/weiß	1/3” CCD Farbe
Videoformat	PAL	PAL
Linse (Brennweite)	1,5m	1,5m
Videopegel	1,0Vp-p ± 0.2	1,0Vp-p ± 0.2
Lichtempfindlichkeit	0,01 Lux bei F1.2	0,5 Lux bei F1.2
Verschlusszeit	1/50 ~ 1/100000 Sekunde	1/50 ~ 1/100000 Sekunde
Effektive Bildpunkte (Pixel)	512 x 582	512 x 582
Auflösung (TV-Zeilen)	380	420
Video-Signal-/Rauschabstand	> 48dB	> 48dB
Arbeitstemperaturbereich	- 20ºC bis + 55ºC	- 20ºC bis + 55ºC
Rel. Luftfeuchtigkeit	< 90 % (nicht kondensierend)	< 90 % (nicht kondensierend)
Abmessungen (L x B x H)	32 x 32 x 27 mm	32 x 32 x 27 mm
Befestigungs-/Lochabstand	27mm (ø2,2mm)	27mm (ø2,2mm)
Masse (ohne Anschlusskabel)	13,5g	13,5g

Diese Bedienungsanleitung ist eine Publikation der Conrad Electronic GmbH, Klaus-Conrad-Straße 1, D-92240 Hirschau.
Diese Bedienungsanleitung entspricht dem technischen Stand bei Drucklegung. Änderung in Technik und Änderungen vorbehalten.

© Copyright 2006 by Conrad Electronic GmbH. 2006/06/RC.

(GB) OPERATING INSTRUCTIONS www.conrad.com

CCD Card Camera

Version 06/06

Item no. 19 09 74 1/3” black/white
Item no. 19 09 88 1/3” colour

Intended use

The card camera with manual focus adjustment is designed for surveillance and security purposes in uncontrolled and critical areas (such as shop, door intercoms, entrance areas or parking lots etc.). The recorded images can be played back with sound on any suitable display device with video input (such as TV or monitor).
The card camera is not permitted to use without protection (without the corresponding casing). It must be power by 12 V= only. Contact with moisture must be avoided at all times.
Any usage other than described above is not permitted and can damage the product and lead to associated risks such as short-circuit, fire, electric shock, etc. No part of the product may be modified or rebuilt. Please read the operating instructions thoroughly and keep the operating instructions for further reference.

Safety instructions

We do not resume liability for resulting damages to property or personal injury if the product has been abused in any way or damaged by improper use or failure to observe these operating instructions. The guarantee will then expire!
An exclamation mark in a triangle indicates important information in the operating instructions. Carefully read the whole operating instructions before operating the device, otherwise there is risk of danger.

- Unauthorised conversion and/or modification of the device are inadmissible because of safety and approval reasons (CE).
- The card camera must not be exposed to dust, extreme temperatures, direct sunlight, intense vibration or dampness.
- The card camera must be installed in proper housing in prior to operation.
- The card camera should not be installed in vicinity of strong magnetic or electric fields, e.g. mobile phones, walkie-talkies, electric motors etc.
- The card camera is only permitted to be powered by power pack or a battery/accumulator with screened and stabilized direct voltage. The voltage source must be able to supply sufficient power.
- After rapid temperature changes, the device needs approximately 15 minutes of stabilization to accommodate to the new ambient temperature before use.
- When connecting the camera, make sure that the connection cables are not damaged by sharp edges.
- When using other devices or tools to assist the installation, the corresponding operating instructions must be observed.
- When using a power pack as the voltage source, valid safety regulations must be followed under all circumstances. Car chargers and toy transformers are not suitable as voltage sources and will lead to damage to the components or to the device failing to function.
- In commercial institutions, the accident prevention regulations of the relevant professional insurance association for electrical systems and operating materials have to be observed.
- If safe operation of the card camera is no longer possible, disconnect the appliance immediately and secure it against inadvertent operation. Safe operation is no longer possible if:
  - the device shows visible damages,
  - the device no longer works and
  - the device was stored under unfavourable conditions for a long period of time,
  - the device was subject to considerable transport stress.
- If you have any doubt about the card camera installation or operation, consult adequate qualified personnel.
- Packaging materials must not be lying around carelessly. They could become dangerous toys in hands of children.
- This card camera is not a toy and should be kept out of reach of children!
- Servicing, adjustment or repair works must only be carried out by a specialist/ specialist workshop.
- If any questions arise that are not answered in this operating instruction, please contact our Technical Advisory Service or other experts.

Connection and operation

Use 12V= voltage source to power the card camera. Never try to operate the camera with another voltage source. The DC source for the camera has to supply a current of 100 mA as minium load capacity. Never overload the voltage source.
If you use a power pack as voltage source, this must be turned off during connecting.
Observe the polarity when connecting the voltage supply. If the polarity is not correct, the components of the card camera may be destroyed.

Camera connections
Connect the small white plug of the connection cable with the camera module. This only fits into the socket with the right polarity.

Video connection
Connect the video input of your TV or monitor with the yellow cinch socket of the cameramodule.
Use a suitable optional cinch connection cable (polarity: inside video, outside ground).
For any extensions, only use suitably shielded cinch cables. The use of other, unsuitable cables may lead to interference.
Keep the length of the cable as short as possible.

Power supply connection
Connect the red power supply plug of the camera connection cable (VDC) with a matching power pack. The DC low voltage plug must have the following properties:
- Dimensions outside 5.5 mm, inner hole 2.1 mm.
- Polarity inside plus (+), outside minus (-).

Manual focal distance adjustment

1. Loosen the screw on the len mount.
2. Turn the len clockwise/ anticlockwise to adjust the focal distance.
3. Tighten the screw after the desired focal distance is set.

Maintenance and cleaning

Apart from sporadically cleaning the lens, the card camera is maintenance-free.
Use a clean, lint-free, antistatic and dry cloth to clean the len. Do not use any abrasive or chemical agents or detergents containing solvents.

Disposal

In order to preserve, protect and improve the quality of environment, protect human health and utilise natural resources prudently and rationally, the user should return unserviceable product to relevant facilities in accordance with statutory regulations.
The crossed-out wheeled bin indicates the product needs to be disposed separately and not as municipal waste.

Technical data

Item no.	190974	190988
Operating voltage	12V=	12V=
Current consumption	approx. 100mA	approx. 100mA
Image sensor	1/3” CCD black/white	1/3” CCD colour
Video format	PAL	PAL
Lens (focal distance)	1.5m	1.5m
Video level	1.0Vp-p ± 0.2	1.0Vp-p ± 0.2
Light intensity	0.01 Lux at F1.2	0.5 Lux at F1.2
Shutter speed	1/50 ~ 1/100000 second	1/50 ~ 1/100000 second
Effective pixels	PAL: 512 x 582	PAL: 512 x 582
Resolution (TV lines)	380	420
Video signal-to-noise ratio	> 48dB	> 48dB
Operating temperature	-20ºC to +55ºC	-20ºC to +55ºC
Operating humidity	< 90% (non-condensing)	< 90% (non-condensing)
Dimensions (LxWxH)	32 x 32 x 27 mm	32 x 32 x 27 mm
Fastening/ hole pitch	27mm (ø2.2mm)	27mm (ø2.2mm)
Weight (without conection cable)	13.5g	13.5g

These operating instructions are published by Conrad Electronic GmbH, Klaus-Conrad-Straße 1, D-92240 Hirschau/Germany
The operating instructions reflect the current technical specifications at time of print. We reserve the right to change the technical or physical specifications.

© Copyright 2006 by Conrad Electronic GmbH. 2006/06/RC.

Caméra de surveillance DTC

Version 06/06

N° de commande 19 09 74 1/3" Noir/blanc
N° de commande 19 09 88 1/3" Couleur

Utilisation prévue

La caméra à carte à réglage manuel de la mise au point a été conçue pour la surveillance et la sécurité dans les zones non contrôlées et critiques (par ex. magasins, interphones, entrées, parkings, etc.). Les images enregistrées peuvent être visionnées avec le son sur tout écran adéquat et disposant d'une entrée vidéo (tel que télévision ou moniteur).
Il est interdit d'utiliser la caméra à carte sans protection (sans le boîtier approprié). Elle ne doit être alimentée que par 12 V=. Il est essentiel d'éviter tout contact avec l'humidité.
Toute utilisation autre que celle stipulée ci-dessus n'est pas permise et peut endommager ce produit et présenter des risques de courts-circuits, d'incendie, de chocs électriques, etc. Il n'est permis ni de modifier le produit ni de transformer aucun élément de cet appareil. Veuillez bien lire ce mode d'emploi et le garder à titre de référence. Veuillez bien lire toutes les instructions avant d'utiliser cet appareil afin d'écarter tout danger.

Consignes de sécurité

Nous déclinons toute responsabilité pour d'éventuels dommages matériels ou corporels dus à un emploi abusif, un maniement incorrect ou à la non observation des consignes de sécurité. De tels cas entraîneront l'annulation de la garantie !
Un point d'exclamation dans un triangle indique des informations importantes dans ce mode d'emploi qui doivent être strictement respectées.

- Pour des raisons de sécurité et d'approbation (CE), il est interdit de modifier la construction et/ou de modifier l'appareil.
- Ne pas exposer la caméra à carte à la poussière, aux extrêmes de température, à la lumière directe du soleil, aux fortes vibrations ou à l'humidité.
- Installer impérativement la caméra à carte dans le boîtier approprié avant de l'utiliser.
- Ne pas utiliser la caméra à carte à proximité de champs magnétiques ou électriques forts, par ex. téléphones portables, walkies-talkies, moteurs électriques, etc.
- La caméra à carte ne peut être alimentée que par des blocs d'alimentation ou une pile/un accumulateur disposant de tension directe protégée et stabilisée. La source de tension doit pouvoir fournir la puissance requise.
- Après de rapides changements de température, il faut environ 15 minutes pour permettre à l'appareil de se stabiliser et de s'accoutumer à la nouvelle température ambiante avant emploi.
- Au moment de connecter la caméra, s'assurer que les câbles de connexion n'ont pas été endommagés par des arêtes vives.
- Si vous vous servez d'autres appareils ou outils pour installer l'appareil, il convient de respecter les instructions correspondantes.
- Si vous utilisez un bloc d'alimentation comme source de tension, il convient de respecter les consignes de sécurité appropriées en toute circonstance. Les batteries automobiles et les transformateurs pour jouets ne peuvent être utilisés comme source de tension ; elles endommageront les composantes ou l'appareil et empêcheront son bon fonctionnement.
- Dans les établissements commerciaux, il convient d'observer les consignes de prévention des accidents appropriées à l'assurance de l'association professionnelle pour les systèmes électriques et les matériaux de fonctionnement.
- S'il n'est plus possible d'utiliser la caméra à carte en toute sécurité, il faut immédiatement débrancher l'appareil et le sécuriser contre tout usage involontaire. Un fonctionnement sûr n'est plus possible si :
  - L'appareil présente des signes d'endommagement,
  - L'appareil ne fonctionne plus et
  - L'appareil a été stocké dans des conditions défavorables pendant une période prolongée,
  - L'appareil a été soumis à une contrainte de transport considérable.
- Si vous avez un doute quelconque concernant l'installation ou l'utilisation de la caméra à carte, veuillez consulter le personnel qualifié approprié.
- Ne pas laisser traîner les emballages car ils pourraient poser des dangers aux enfants.
- Cette caméra à carte n'est pas un jouet et doit être gardée hors de portée des enfants !
- Tout entretien, ajustement ou réparation ne doit être effectué que par un spécialiste/atelier spécialisé.
- Si vous avez des questions auxquelles le mode d'emploi n'a pas pu répondre, consultez notre service de renseignements techniques ou un spécialiste.

Raccordement et utilisation

Utiliser une source de tension de 12V= pour alimenter la caméra à carte. Ne jamais essayer de faire fonctionner la caméra avec une autre source de tension. La source de courant direct pour la caméra doit fournir un courant de 100 mA de capacité de charge minimum. Ne jamais surcharger la source de tension.
Si vous utilisez un bloc d'alimentation comme source de tension, il faut éteindre ce dernier au moment du raccordement.
Respecter la polarité au moment du raccordement de la source de tension. Une polarité incorrecte peut détruire les composantes de la caméra à carte.

1. Installer la caméra à carte dans le boîtier approprié.
2. Connecter le pôle positif de l'entrée vidéo de votre poste de télévision ou moniteur au câble jaune du module de la caméra.
3. Connecter le pôle négatif de l'entrée vidéo de votre poste de télévision ou moniteur au câble noir du module de la caméra.
4. Connecter le pôle négatif de la source de tension au câble de connexion noir du module de la caméra.
5. Connecter le pôle positif de la source de tension au câble de connexion rouge du module de la caméra.
6. Enlever la couverture de protection de la caméra à carte.

Le câble blanc n'est pas utilisé pour ces modèles.

Réglage manuel de la distance focale

1. Desserrer la vis de la monture de l'objectif.
2. Tourner l'objectif dans le sens des aiguilles d'une montre/ dans le sens contraire des aiguilles d'une montre pour régler la distance focale.
3. Lorsque la distance focale souhaitée est réglée, resserrer la vis.

Entretien et nettoyage

La caméra à carte ne nécessite aucun entretien en dehors d'un nettoyage sporadique de l'objectif.
Utiliser un chiffon propre, sec, sans peluche et antistatique pour nettoyer l'objectif. Ne pas se servir de produits chimiques ou abrasifs ou de détergents contenant des solvants.

Disposition

Afin de préserver, protéger et améliorer la qualité de l'environnement, protéger la santé humaine et utiliser les ressources naturelles avec prudence et de manière rationnelle, l'utilisateur doit renvoyer tout produit ne pouvant pas subir d'entretien à l'établissement pertinent conformément à la réglementation statutaire.
Le symbole de la poubelle barrée indique que le produit doit être mis au rebut séparément et non en tant que déchet municipal.

Charactéristiques techniques

N° de commande	190974	190988
Tension de fonctionnement	12V=	12V=
Consommation en électricité	environ 100mA	environ 100mA
Capteur d'images	1/3" noir/blanc DTC	1/3" couleur DTC
Format de la vidéo	PAL	PAL
Objectif (distance focale)	1,5m	1,5m
Niveau de vidéo	1,0Vp-p ± 0.2	1,0Vp-p ± 0.2
Intensité lumineuse	0,01 Lux à F1.2	0,5 Lux à F1.2
Vitesse d'obturation	1/50 ~ 1/100000 seconde	1/50 ~ 1/100000 seconde
Pixels effectifs	512 x 582	512 x 582
Définition (lignes de télévision)	380	420
Rapport signal sur bruit	> 48dB	> 48dB
Température de fonctionnement	De -20°C à +55°C	De -20°C à +55°C
Humidité de fonctionnement	< 90 % (sans condensation)	< 90 % (sans condensation)
Dimensions (LxlxH)	32 x 32 x 27 mm	32 x 32 x 27 mm
Fixation/diamètre du trou	27mm (ø2,2mm)	27mm (ø2,2mm)
Poids (sans le câble de connexion)	13,5g	13,5g

Cette notice est une publication de la société Conrad Electronic GmbH, Klaus-Conrad-Straße 1, D-92240 Hirschau/Allemagne.
Cette notice est conforme à la règlementation en vigueur lors de l´impression. Données techniques et conditionnement soumis à modifications sans aucun préalable.

© Copyright 2006 par Conrad Electronic GmbH. 2006/06/RC.

CCD Kleurencamera

Version 06/06

Bestnr. 19 09 74 1/3" zwart/wit
Bestnr. 19 09 88 1/3" kleur

Beoogd gebruik

De camerakaart met handmatige brandpuntinstelling is ontworpen voor toezicht en beveiligingsdoeleinden in ongecontroleerde en kritische gebieden (zoals winkels, deurintercomsystemen, toegangssystemen of parkeergarages en dergelijke). De opgeslagen beelden kunnen worden afgespeeld met geluid via elk daarvoor geschikt weergeefapparaat met een video-ingang (zoals een TV of monitor).
Het is niet toegestaan om de camerakaart zonder bescherming te gebruiken (zonder de bijbehorende behuizing). De camerakaart mag uitsluitend worden gevoed door een gelijkspanning van 12 V. Contact met vocht dient onder alle omstandigheden te worden voorkomen.
Elk ander gebruik dan hierboven beschreven is niet toegestaan en kan tot beschadiging van het apparaat leiden. Bovendien kan dit leiden tot gevaarlijke situaties, zoals kortsluiting, brand, elektrische schokken en dergelijke. Het apparaat mag niet worden veranderd of omgebouwd. Lees daarom deze gebruiksaanwijzing zorgvuldig door en bewaar deze.

Veiligheidsvoorschrift

Wij aanvaarden geen aansprakelijkheid voor beschadiging van eigendommen of lichamelijk letsel indien het product is misbruikt of is beschadigd door onjuist gebruik of het niet opvolgen van deze gebruiksaanwijzing. In dergelijke gevallen vervalt de garantie!
Het uitroepteken in de driehoek wijst op belangrijke passages in deze gebruiksaanwijzing die strikt moeten worden opgevolgd.

- In verband met veiligheid en normering (CE) zijn geen aanpassingen en/of wijzigingen aan de camerakaart toegestaan.
- De camerakaart mag niet worden blootgesteld aan stof, extreme temperaturen, rechtstreeks zonlicht, sterke trillingen of vocht.
- Voor gebruik dient de camerakaart te worden ingebouwd in een geschikte behuizing.
- De camerakaart dient niet te worden geïnstalleerd in de nabijheid van sterke magnetische of elektrische velden, bijvoorbeeld mobiele telefoons, walkie-talkies, elektrische motoren en dergelijke.
- De camerakaart mag uitsluitend worden gevoed door een netspanningsadapter of een batterij/accu met een gefilterde en gestabiliseerde gelijkspanning. De voedingsbron dient voldoende vermogen te kunnen leveren.
- Na snelle temperatuurveranderingen heeft de camerakaart circa 15 minuten nodig om zich te stabiliseren en zich aan te passen aan de nieuwe omgevingstemperatuur voordat deze mag worden gebruikt.
- Zorg er bij het aansluiten van de camera voor dat de verbindingskabels niet worden beschadigd door scherpe hoeken.
- Wanneer bij het installeren andere apparaten of hulpmiddelen worden gebruikt, dienen de bijbehorende gebruiksaanwijzingen te worden geraadpleegd.
- Wanneer een netspanningsadapter als spanningsbron wordt toegepast, dienen onder alle omstandigheden de geldende veiligheidsvoorschriften in acht te worden genomen. Acculaders van auto's en speelgoedtransformatoren zijn niet geschikt als voedingsbron en kunnen leiden tot beschadiging van de componenten of tot het niet werken van de camera.
- Indien de camera bedrijfsmatig wordt toegepast, dienen de richtlijnen van de aansprakelijkheidsverzekering van de werkgever met betrekking tot ongevallenpreventie ten aanzien van elektrische apparatuur en relevante bedrijfsmiddelen in acht te worden genomen.
- Wanneer veilig gebruik van de kamerakaart niet langer mogelijk is, onderbreek dan meteen de voeding en voorkom dat deze zomaar opnieuw kan worden ingeschakeld. Veilig werken is niet meer mogelijk wanneer:
  - het apparaat zichtbare beschadigingen vertoont,
  - het apparaat niet meer werkt,
  - het apparaat gedurende langere tijd onder ongunstige omgevingscondities is opgeslagen,
  - het apparaat tijdens transport mechanisch is beschadigd.
- Neem bij twijfel over het installeren of de werking van de camerakaart contact op met een specialist.
- Laat verpakkingsmateriaal niet zomaar rondslingeren. Het kan gevaarlijk speelgoed in de handen van kinderen zijn.
- Deze camerakaart is geen speelgoed en moet buiten het bereik van kinderen worden gehouden!
- Onderhoud, afstellingen of reparaties mogen uitsluitend worden uitgevoerd door een vakman of een gespecialiseerde onderhoudsdienst.
- Voor vragen waarop deze gebruiksaanwijzing geen antwoord biedt, kunt u contact opnemen met onze technische dienst of andere specialisten.

Aansluiten en inbedrijfname

Gebruik een 12 V gelijkspanningsbron om de camerakaart te voeden. Probeer nooit om de camera met een andere spanning te voeden. De gelijkspanningsvoeding dient een stroom van tenminste 100 mA te kunnen leveren. Let er op dat de voeding nooit overbelast raakt.
Wanneer een netspanningsadapter als voedingsbron wordt toegepast, schakel deze dan uit tijdens het aansluiten.
Let op de juiste polariteit bij het aansluiten van de voedingsbron. Bij een verkeerde polariteit kunnen de componenten van de camerakaart worden beschadigd.

1. Monteer de camerakaart in een geschikte behuizing.
2. Verbind de positieve pool van de video-ingang van TV of monitor met de gele draad van de cameramodule.
3. Verbind de negatieve pool van de video-ingang van TV of monitor met de zwarte draad van de cameramodule.
4. Verbind de positieve pool van de voedingsbron met de rode verbindingsdraad van de cameramodule.
5. Verbind de negatieve pool van de voedingsbron met de zwarte verbindingsdraad van de cameramodule.
6. Verwijder de beschermfolie van de camerakaart.

De witte draad wordt niet gebruikt bij deze modellen.

De brandpuntafstand kan handmatig worden ingesteld

1. Draai de schroef van de lensvatting los.
2. Verdraai de lens links of rechtsom voor het afregelen van de brandpuntafstand.
3. Draai de schroef weer vast nadat de gewenste brandpuntafstand is ingesteld.

Onderhoud en reiniging

Los van het periodiek reinigen van de lens is de camerakaart onderhoudsvrij.
Gebruik een schone, pluisvrije, antistatische en droge doek voor het reinigen van de lens. Gebruik geen agressieve of chemische oplosmiddelen of afwasmiddelen die oplosmiddelen bevatten.

Verwijdering

In het belang van het behoud, de bescherming en de verbetering van de kwaliteit van het milieu, de bescherming van de gezondheid van de mens en een behoedzaam en rationeel gebruik van natuurlijke hulpbronnen dient de gebruiker een niet te repareren of afgedankt product in te leveren bij de desbetreffende inzamelpunten overeenkomstig de wettelijke voorschriften.
Het symbool met de doorgekruiste afvalbak geeft aan dat dit product gescheiden van het gewone huishoudelijke afval moet worden ingeleverd.

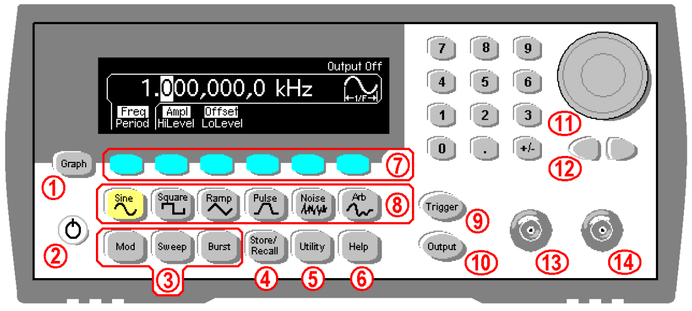
Technische gegevens

Bestnr.	190974	190988
Werkspanning	12V=	12V=
Stroomopname	circa 100 mA	circa 100 mA
Beeldsensor	1/3" CCD zwart/wit	1/3" CCD kleur
Videoformaat	PAL	PAL
Lens (brandpuntafstand)	1,5m	1,5m
Videoniveau	1,0Vp-p ± 0.2	1,0Vp-p ± 0.2
Lichtgevoeligheid	0,01 lux bij F1.2	0,5 lux bij F1.2
Sluitersnelheid	1/50 tot 1/100.000 seconde	1/50 tot 1/100.000 seconde
Effectieve beeldpunten	512 x 582	512 x 582
Resolutie (TV-lijnen)	380	420
Video signaal/ruis-verhouding	> 48dB	> 48dB (AGC off)
Werktemperatuur	-20 tot +55°C	-20 tot +55°C
Omgevingsvochtigheid	< 90 % (niet-condenserend)	< 90 % (niet-condenserend)
Afmetingen (lxbxh)	32 x 32 x 27 mm	32 x 32 x 27 mm
Bevestiging (gatdiameter)	27mm (ø2,2mm)	27mm (ø2,2mm)
Gewicht (zonder aansluitkabel)	13,5g	13,5g

Deze gebruiksaanwijzing is een publicatie van Conrad Electronic GmbH, Klaus-Conrad-Straße 1, D-92240 Hirschau/Duitsland.
Deze werkende instruties voldoet aan de technische eisen bij het ter perse gaan. Wijzigingen in techniek en uitrusting voorbehouden.

© Copyright 2006 by Conrad Electronic Benelux B.V. 2006/06/RC.

Überblick über die Frontplatte



Leuchtende Tasten weisen auf aktive Tasten und Funktionen hin ([Sine] in obiger Abbildung).

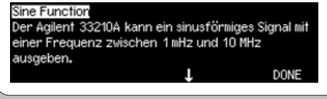
Die wichtigsten Funktionen der Frontplatte

1 Taste „Graph"-Modus
2 Ein-/Aus-Schalter
3 „Modulation"-/„Sweep"-/„Burst"-Tasten
4 Taste zum Abspeichern/ Zurückrufen von Gerätezuständen
5 Taste „Utility"-Menü
6 Taste „Help"-Menü
7 Softkeys zur Menünavigation
8 Signalform-Wahltasten
9 „Trigger"-Taste (nur für „Sweep" und „Burst")
10 Taste zum Aktivieren/Deaktivieren von „Output"
11 Drehknopf
12 Pfeiltasten
13 „Sync"-Anschluss
14 „Output"-Anschluss

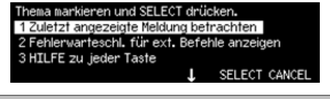
Hilfe zu den Tasten

Halten Sie eine Funktionstaste oder einen Softkey gedückt, um die Hilfe für diese Taste oder Funktion aufzurufen.

Halten Sie z. B. diese Taste gedrückt: [Sine]


Sine Function
Der Agilent 33210A kann ein sinusförmiges Signal mit einer Frequenz zwischen 1 mHz und 10 MHz ausgeben.
DONE

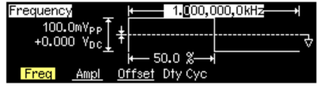
Oder drücken Sie zur Anzeige des Hilfemenüs auf: [Help]

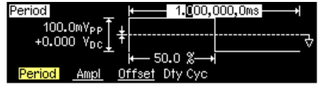

Thema markieren und SELECT drücken.
1 Zuletzt angezeigte Meldung betrachten
2 Fehlerwarteschl. für ext. Befehle anzeigen
3 HILFE zu jeder Taste
SELECT CANCEL

Nützliche Tipps

1. Leuchtende Tasten weisen darauf hin, dass diese Taste bzw. Funktion derzeit aktiv ist (z. B. die Signalform [Sine]). Die meisten Tasten können aktiviert (Taste leuchtet) oder deaktiviert werden.
2. Es wird erst dann ein Signal ausgegeben, wenn die Taste [Output] leuchtet.
3. Drücken Sie zur Wahl der Funktion dc volts auf der Frontplatte auf [Utility] und anschließend auf den Softkey **DC On**.
4. Mit der Taste [Graph] können Sie zwischen den Modi „Graph" (leuchtet) und „Menu" wechseln.
5. Im Modus „Menu" können Sie mithilfe der sechs Softkeys Parameter und Funktionen auswählen, die im Softkey-Menü unten im Display angezeigt werden. Mit einigen Softkeys können Sie zwischen verwandten Parametern wechseln; der linke Softkey z. B. wechselt zwischen **Freq** und **Period** (siehe unten):

6. Im Modus „Graph" funktionieren die Softkeys wie im Modus „Menu", es wird allerdings je Softkey nur eine Bezeichnung angezeigt. Sie können weiterhin zwischen Parametern wie z. B. **Freq** und **Period** wechseln:





7. Sie können ein Signal über dessen Amplitude und Offset oder durch Festlegung der Werte **Hi Level** (maximal) und **Lo Level** (min.) angeben. Näheres hierzu finden Sie in Kapitel 1 des *Benutzerhandbuchs*.
8. Die Funktionen „Modulation", „Sweep" und „Burst" können mit verschiedenen Signalformen eingesetzt werden. Um ein gewobbeltes Rechtecksignal zu erhalten, drücken Sie [Square] und [Sweep]. Beide Tasten leuchten. Die zuletzt gedrückte Taste bestimmt, welches Menü angezeigt wird.
9. Sie können den Agilent 33210A über GPIB, USB oder LAN mit Ihrem PC verbinden. Näheres finden Sie in Kapitel 3, „Konfiguration der Fernsteuerungsschnittstelle", im *Benutzerhandbuch*.
10. Wenn Sie die Option 002 installiert haben, können Sie Signalformen auf Ihrem PC erstellen und diese mithilfe der dem Agilent 33210A beiliegenden Agilent IntuiLink Software auf das Gerät übertragen.

Copyright © 2008 Agilent Technologies, Inc.
Gedruckt in Malaysia Oktober 2008 E1008

33210-90421

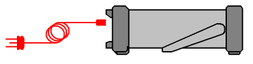
Agilent 33210A
10-MHz-Funktions-/Arbiträrsignalgenerator
Schnellstartanleitung

Die Grundlagen in acht einfachen Schritten!

1. Vorbereitung

Schließen Sie das Stromkabel an.

Schließen Sie nun das Gerät an.

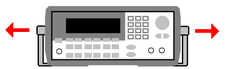


Tipp **Einfach einstecken und fertig!**

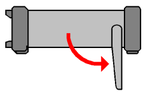
Der Agilent 33210A ermittelt automatisch die Netzspannung. Sie müssen weder Schalter noch Sicherungen einrichten oder verändern.

Stellen Sie den Tragegriff ein.

Fassen Sie den Griff an beiden Seiten und *ziehen Sie ihn heraus:*

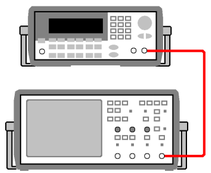


Fixieren Sie dann den Griff in der gewünschten Position:



Schließen Sie einen Ausgang an (optional).

Schließen Sie ein BNC-Kabel am „Output"- Anschluss an. Verbinden Sie dieses anschließend mit Ihrem Testsystem oder Oszilloskop:



Für Schritt 2 bitte umblättern

Agilent Technologies

2. Einschalten

Drücken Sie den Ein-/Aus-Schalter: ⏻

Der Selbsttest dauert einige Sekunden; anschließend wird das Gerät automatisch in den Modus „Menu“ gesetzt und die Sinusfunktion ist ausgewählt:

Hinweis: Zum Schutz des Geräts wird erst dann ein Signal ausgegeben, wenn die Taste [Output] gedrückt wird (leuchtet).

3. Auswählen einer Signalform

Drücken Sie zur Auswahl eines Signals die entsprechende Taste. Um z. B. ein Rechteck-signal auszuwählen, drücken Sie die Taste [Square].

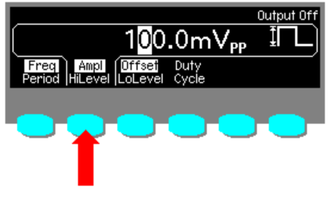
Das Menü für Rechtecksignale wird angezeigt:

Weiter geht´s mit Schritt 4

4. Ändern der Signalparameter (Drehknopf)

Wählen Sie Parameter über die sechs Softkeys aus. Mit einigen Softkeys können Sie zwischen verwandten Parametern wechseln (z. B.) **Freq** und **Period**.

Ein Beispiel: Zur Auswahl der Amplitude drücken Sie den Softkey **Ampl**.



Ändern Sie nun den Wert mit dem Drehknopf. Wählen Sie mithilfe der Pfeiltasten ( ) die erste Ziffer aus:

Drehen Sie den Knopf, um den Wert zu ändern (durch Drehen im Uhrzeigersinn wird der Wert erhöht). Setzen Sie einen Wert von **500 mVpp** fest:

Drücken Sie nun auf **Offset**, um den Parameter auszuwählen.

Setzen Sie den Offset mithilfe des Drehknopfes auf **-1.1 Vdc**:

- Um einen negativen Wert einzustellen, drehen Sie den Knopf nach links.
- Mit den Pfeiltasten wählen Sie Ziffern aus.

Tipp **Alternative Signaleinstellung**

Sie können Signale auch durch Angabe des oberen (**Hi Level** [maximal]) und unteren (**Lo Level** [min.]) Pegels einstellen. (Siehe Kapitel 1 im *Benutzerhandbuch.*)

Weiter geht’s mit Schritt 5

5. Ändern der Signalformparameter (Tastatur)

Stellen Sie nun mithilfe der Zifferntastatur die **Periode** ein.

Drücken Sie den linken Softkey einmal, um **Freq** auszuwählen:

Drücken Sie diesen noch einmal, um **Period** auszuwählen:

Geben Sie auf der Tastatur einen Wert ein. Die Anzeige ändert sich entsprechend. Geben Sie z. B. den Wert **1.5** ein.

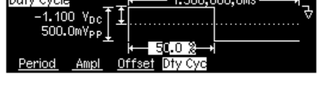
Drücken Sie den Softkey für die gewünschte Einheit (z. B. **msec,**) um den Wert einzugeben:

6. Auswählen des Modus „Graph“

Drücken Sie auf [Graph] (auf der linken Seite der Frontplatte), um den Modus „Graph“ zu wählen. Nun wird die Signalform angezeigt:

Hinweis: Die Taste [Graph] wechselt zwischen den Modi „Graph“ und „Menu“. Im Modus „Graph“ leuchtet die Taste.

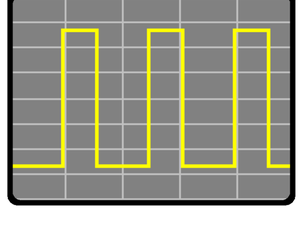
Ändern Sie nun das Tastverhältnis. Drücken Sie zunächst auf den Softkey **Dty Cyc**:



Ändern Sie den Wert mithilfe des Drehknopfes oder der Zifferntastatur auf 35 %:

7. Ausgeben der Signalform

Sie können die Signalform jederzeit mit einem Oszilloskop (sofern angeschlossen) anzeigen. Drücken Sie auf [Output], um den Anschluss „Output“ zu aktivieren.



8. Weitere Informationen

So erhalten Sie weitere Informationen:

1. Auf der anderen Seite dieser Karte:
   - „Überblick über die Frontplatte“
   - „Nützliche Tipps“
2. In der integrierten Hilfe zu Agilent 33210A:
   - Halten Sie eine beliebige Taste gedrückt, um ein kontextsensitive Hilfe zu dieser Taste anzuzeigen.
   - Drücken Sie auf [Help], um das Hilfemenü anzuzeigen.
3. Im *Benutzerhandbuch zum Agilent 33210A Funktions-/Arbiträrsignalgenerator.*

PO Box 366, 435 Route 206N, Newton, NJ 07860
Ph (973) 579-7227, Fax (973) 300-3600, http://www.thorlabs.com

PDA10A Operating Manual - Wideband Amplified Silicon Detector

Description:

The PDA10A is a wideband amplified, silicon detector designed for detection of light signals from DC to 150 MHz. A buffered output drives a 50Ω input impedance up to 5 volts. The PDA10A housing includes a removable threaded coupler that is compatible with any number of Thorlabs 1" and ½" threaded accessories. This allows convenient mounting of external optics, light filters, and apertures, as well as providing an easy mounting mechanism using the Thorlabs cage assembly accessories.

The PDA10A has two 8-32 tapped mounting hole with a 0.25" mounting depth and includes a 120VAC AC/DC power supply. The PDA10A-EC has two M4 tapped mounting holes and includes a 230VAC AC/DC power supply.

Specifications:

Electrical:	
Detector	Silicon
Active Area	0.8mm^2 (∅1.0mm)
Response	200 to 1100 nm
Peak Response (typ)	0.45 A/W (750nm)
Small Signal Bandwidth[1]	150MHz (min.)
NEP (960 nm)	5.5x10^{-11} W/√Hz (max.)
Noise (RMS)	2.0mV (max.)
Dark Offset	20mV (max.)
Output Voltage (50Ω)	0 to 5V
Output voltage	0 to 10V
Transimpedance Gain Hi-Z 50Ω	 1 x 10^{4}V/A 5 x 10^{3}V/A

General:	
On / Off Switch	Slide
Output	BNC
Optical Head Size	2.8"x1.9" x 0.83" 70mm x 48mm x 21mm
Weight	60 grams
Accessories	SM1T1 Coupler SM1RR Retainer Ring
Storage Temp	-25 to 70°C
Operating Temp	10 to 50°C
AC Power Supply	AC - DC Converter
Input Power	100-120VAC (220-240VAC -EC version) 50-60Hz, 5W

1. The small signal bandwidth was measured with output amplitude of 200mV and a dc offset of 200mV, driving a 50Ω load termination.
2. All measurements performed with 50Ω load unless stated otherwise.

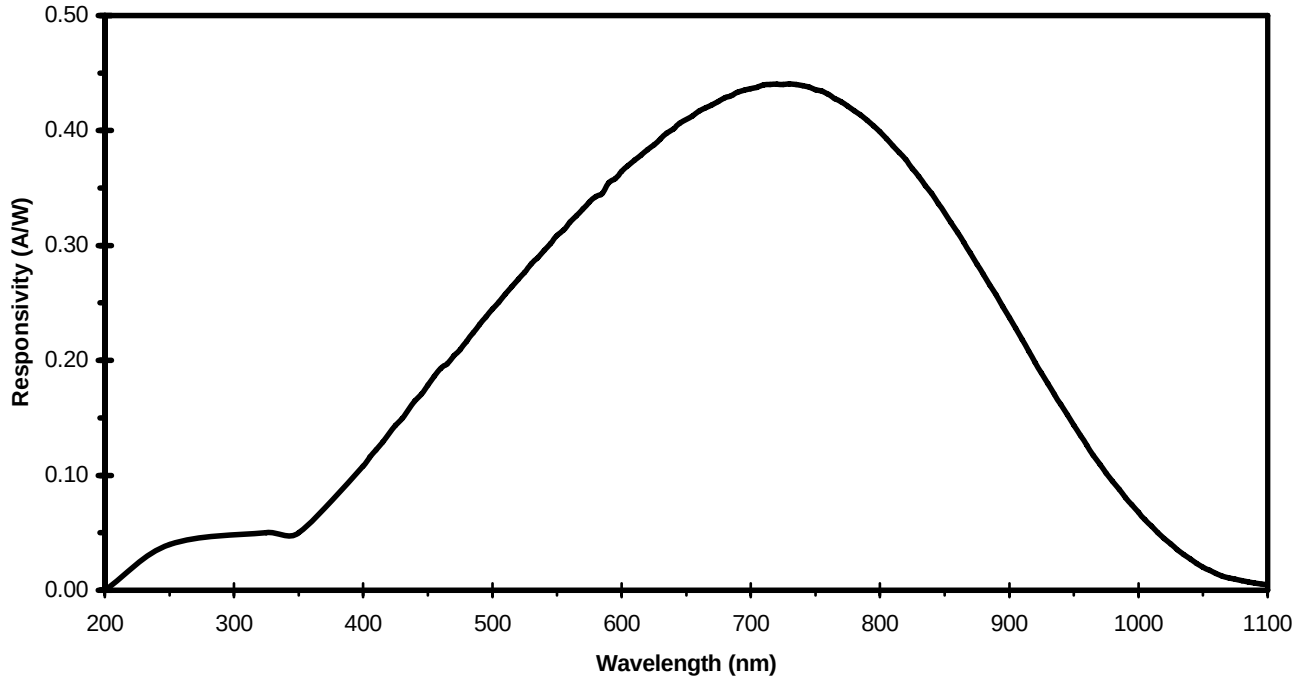
Setup

- Unpack the optical head, install a Thorlabs TR-series ½" diameter post into one of the 8-32 (M4 on -EC version) tapped holes, located on the bottom and side of the sensor, and mount into a PH-series post holder.
- Connect the power supply 3-pin plug into the mating receptacle on the PDA10A.
- Plug the power supply into a 50-60Hz, 100-120VAC outlet (220-240VAC for -EC version).
- Attach a 50Ω coax cable (i.e. RG-58U) to the output of the PDA. When running cable lengths longer than 12" we recommend terminating the opposite end of the coax with a 50Ω resistor (Thorlabs p/n T4119) for maximum performance.

Operation

- The PDA10A is switched on by the 'POWER' Slide switch, located on the top of the optical sensor.
- The light to voltage conversion can be estimated by factoring the wavelength-dependent responsivity of the Silicon detector with the transimpedance gain as shown below:
  [E.g. output in volts / watt = transimpedance gain (V/A) x responsivity (A/W)]
- The maximum output of the PDA10A is 10 volts for high impedance loads (5V for 50Ω loads). The output signal should be below the maximum output voltage to avoid saturation. If necessary, use external neutral density filters to reduce the input light level.
- For maximum linearity performance when measuring focused beams, fiber outputs, or small diameter beams, do not exceed a maximum intensity of 10mW/cm^2.
- Because of the finite gain-bandwidth performance common to all amplifier circuits, the bandwidth of the PDA10A decreases with increased output signal levels.

Figure 1 - PDA10A Spectral Responsivity Curve



Fiber Adapters and Other Accessories

Thorlabs sells a number of accessories that are compatible with the 1" and ½" threads on the PDA housing including FC, SMA, and ST fiber adapters, stackable lens tubes for mounting optics, and cage assemblies that allow the PDA to be incorporated into elaborate 3-D optical assemblies.

Caution: The PDA10A was designed to allow maximum accessibility to the photodetector by having the front surface of the diode flush with the outside of the PDA housing. When using fiber adapters, make sure that the fiber ferrule does not crash into the detector. Failure to do so may cause damage to the diode and / or the fiber. An easy way to accomplish this is to install a SM1RR retaining ring (included with the PDA10A) inside the 1" threaded coupler *before* installing the fiber adapter.

Also available in the PDA series are InGaAs, switchable gain InGaAs and switchable gain silicon models.

Maintaining the PDA10A

There are no serviceable parts in the PDA10A optical head or power supply. The housing may be cleaned by wiping with a soft damp cloth. The window of the detector should only be cleaned using optical grade wipes. If you suspect a problem with your PDA10A please call Thorlabs and an engineer will be happy to assist you.

Contact

Americas
Thorlabs Inc.
435 Route 206 North
Newton NJ 07860
USA
Ph: (973) 579-7227
Fax: (973) 300-3600
www.thorlabs.com
Email:
techsupport@thorlabs.com

Europe
Thorlabs GmbH
Gau♣str. 11
85757 Karlsfeld
Germany
Ph: +49 (0) 8131-59-56-0
Fax: +49 (0) 8131-59-56-99
www.thorlabs.com
Email:
Europe@thorlabs.com

UK and Ireland
Thorlabs, LTD.
1 Saint Thomas Place, Ely
Cambridgeshire CB7 4EX
Great Britton
Ph: +44 (0) 1353-654440
Fax: +44 (0) 1353-654444
www.thorlabs.com
Email:
sales.uk@thorlabs.com

Scandinavia
Thorlabs Sweden AB
Box 141 94
400 20 Göteborg
Sweden
Ph: +46-31-733-30-00
Fax: +46-31-703-40-45
www.thorlabs.com
Email:
Scandinavia@thorlabs.com

Japan
Thorlabs Japan, Inc
5-17-1, Ohtsuka
Bunkyo-ku,Tokyo 112-0012
Japan
Ph: +81-3-5977-8401
Fax: +81-3-5977-8402
www.thorlabs.jp
Email:
sales@thorlabs.jp

WEEE

As required by the WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment Directive) of the European Community and the corresponding national laws, Thorlabs offers all end users in the EC the possibility to return “end of life” units without incurring disposal charges.

This offer is valid for Thorlabs electrical and electronic equipment

- sold after August 13th 2005
- marked correspondingly with the crossed out “wheelie bin” logo (see fig. 1)
- sold to a company or institute within the EC
- currently owned by a company or institute within the EC
- still complete, not disassembled and not contaminated

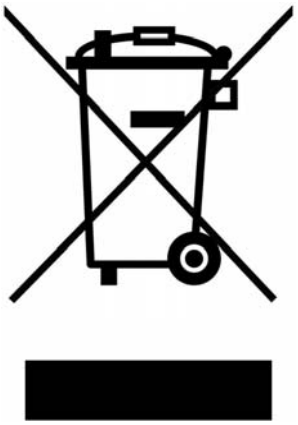
As the WEEE directive applies to self contained operational electrical and electronic products, this “end of life” take back service does not refer to other Thorlabs products, such as

- pure OEM products, that means assemblies to be built into a unit by the user (e. g. OEM laser driver cards)
- components
- mechanics and optics
- left over parts of units disassembled by the user (PCB’s, housings etc.).

If you wish to return a Thorlabs unit for waste recovery, please contact Thorlabs or your nearest dealer for further information.

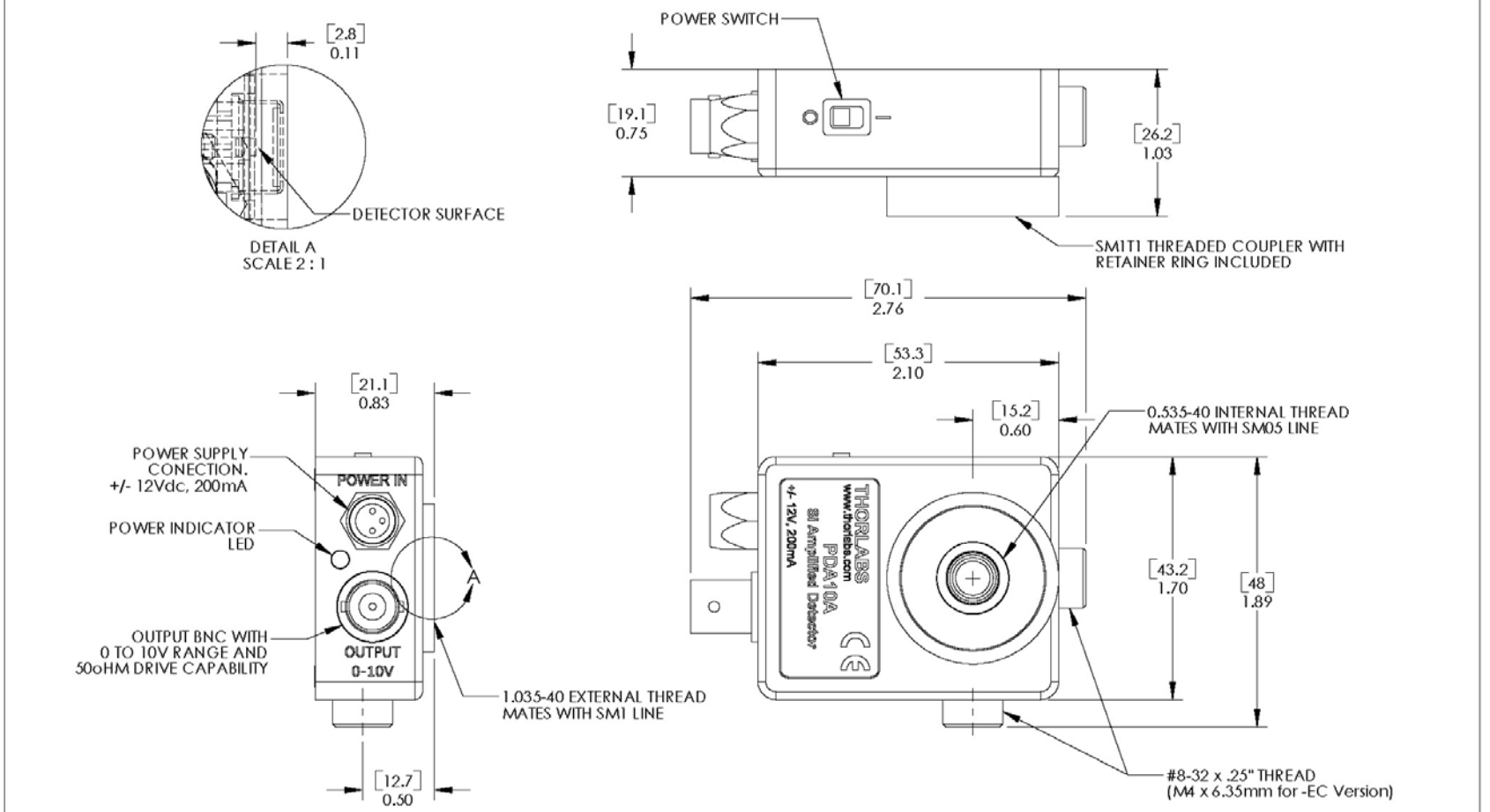
Waste treatment on your own responsibility
If you do not return an “end of life” unit to Thorlabs, you must hand it to a company specialized in waste recovery. Do not dispose of the unit in a litter bin or at a public waste disposal site.

Ecological background
It is well known that WEEE pollutes the environment by releasing toxic products during decomposition. The aim of the European RoHS directive is to reduce the content of toxic substances in electronic products in the future.
The intent of the WEEE directive is to enforce the recycling of WEEE. A controlled recycling of end of live products will thereby avoid negative impacts on the environment.



Crossed out “wheelie bin” symbol

COPYRIGHT © 2005 by THORLABS INC.



TOLERANCES		NAME	DATE
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:	DRAWN	EC	9/26/05
DIMENSIONS ARE IN INCHES	ENG APPR.	EC	9/26/05
LINEAR TOLERANCES:	MFG APPR.	EC	9/26/05
TWO PLACE DECIMAL: ±0.010			
THREE PLACE DECIMAL: ±0.005			
ANGULAR: ±30'			
SURFACE FINISH: 32 MICROINCHES			
PARALLELISM: 0.002			
FLATNESS: 0.002			
STRAIGHTNESS: 0.002			
CONCENTRICITY: 0.002			
PERPENDICULARITY: 0.002			
THREAD: CLASS 2 FIT			

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL
THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF THORLABS, INC. ANY REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF THORLABS, INC. IS PROHIBITED.

THORLABS INC. PO BOX 366 NEWTON NJ

TITLE: WIDEBAND Si AMPLIFIED DETECTOR

MATERIAL:	SIZE	REV.
PDA10A	A	A

SCALE: 1:1	SHEET 1 OF 1

DWG. NO.	PART NO.
13054-E01	PDA10A

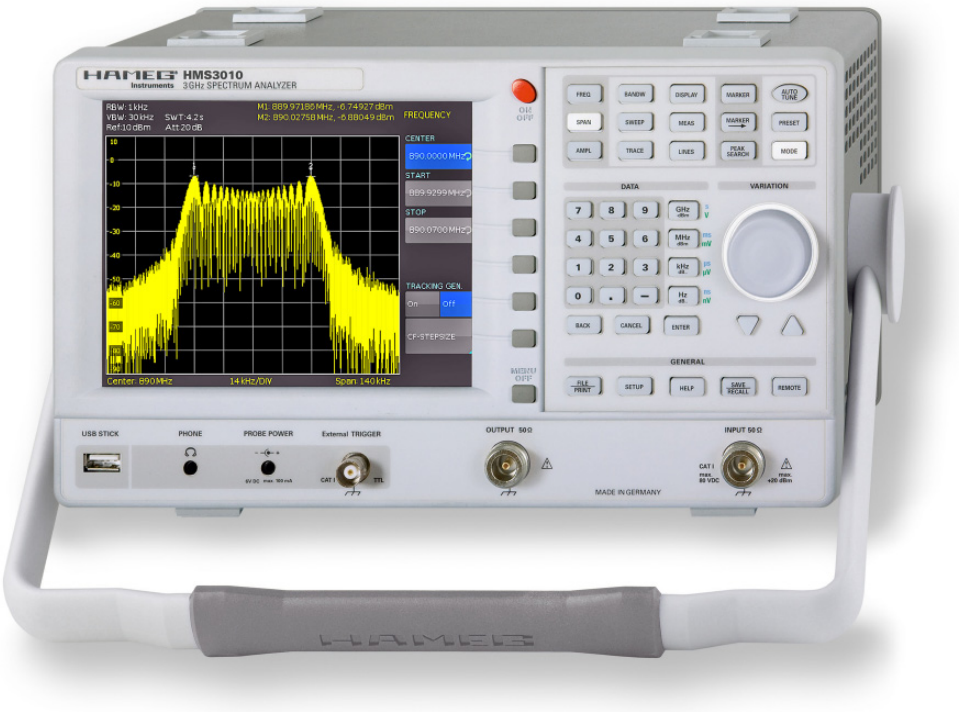
5 4 3 2 1

HAMEG®
Instruments
A Rohde&Schwarz Company

1 GHz/3 GHz Spectrum-Analyzer HMS1000/1010 HMS3000/3010

Handbuch / Manual

Deutsch / English



CE

Hersteller **HAMEG Instruments GmbH**
Manufacturer **Industriestraße 6**
Fabricant **D-63533 Mainhausen**

KONFORMITÄTSERKLÄRUNG
DECLARATION OF CONFORMITY
DECLARATION DE CONFORMITE

HAMEG Instruments

Die HAMEG Instruments GmbH bescheinigt die Konformität für das Produkt
The HAMEG Instruments GmbH herewith declares conformity of the product
HAMEG Instruments GmbH déclare la conformite du produit

Bezeichnung / Product name / Designation:
Spektrumanalysator
Spectrum Analyzer
Analyseur de spectre

Typ / Type / Type: **HMS1000 / HMS1010**
HMS3000 / HMS3010

mit / with / avec: **HO720, HZ21**

Optionen / Options / Options: **HO730, HO740**

mit den folgenden Bestimmungen / with applicable regulations / avec les directives suivantes

EMV Richtlinie 89/336/EWG ergänzt durch 91/263/EWG, 92/31/EWG
EMC Directive 89/336/EEC amended by 91/263/EWG, 92/31/EEC
Directive EMC 89/336/CEE amendée par 91/263/EWG, 92/31/CEE

Niederspannungsrichtlinie 73/23/EWG ergänzt durch 93/68/EWG
Low-Voltage Equipment Directive 73/23/EEC amended by 93/68/EEC
Directive des equipements basse tension 73/23/CEE amendée par 93/68/CEE

Angewendete harmonisierte Normen / Harmonized standards applied / Normes harmonisées utilisées:

Sicherheit / Safety / Sécurité: EN 61010-1:2001 (IEC 61010-1:2001)

Messkategorie / Measuring category / Catégorie de mesure: I
Überspannungskategorie / Overvoltage category / Catégorie de surtension: II
Verschmutzungsgrad / Degree of pollution / Degré de pollution: 2

Elektromagnetische Verträglichkeit / Electromagnetic compatibility / Compatibilité électromagnétique

EN 61326-1/A1 Störaussendung / Radiation / Emission:
Tabelle / table / tableau 4; Klasse / Class / Classe B.

Störfestigkeit / Immunity / Imunitée: Tabelle / table / tableau A1.

EN 61000-3-2/A14 Oberschwingungsströme / Harmonic current emissions / Émissions de courant harmonique:
Klasse / Class / Classe D.

EN 61000-3-3 Spannungsschwankungen u. Flicker / Voltage fluctuations and flicker / Fluctuations de tension et du flicker.

Datum / Date / Date
1. 10. 2009

Unterschrift / Signature /Signatur

Holger Asmussen
Manager

Allgemeine Hinweise zur CE-Kennzeichnung

HAMEG Messgeräte erfüllen die Bestimmungen der EMV Richtlinie. Bei der Konformitätsprüfung werden von HAMEG die gültigen Fachgrund- bzw. Produktnormen zu Grunde gelegt. In Fällen wo unterschiedliche Grenzwerte möglich sind, werden von HAMEG die härteren Prüfbedingungen angewendet. Für die Störaussendung werden die Grenzwerte für den Geschäfts- und Gewerbebereich sowie für Kleinbetriebe angewandt (Klasse 1B). Bezüglich der Störfestigkeit finden die für den Industriebereich geltenden Grenzwerte Anwen-dung.

Die am Messgerät notwendigerweise angeschlossenen Mess- und Datenleitungen beeinflussen die Einhaltung der vorgegebenen Grenzwerte in erheblicher Weise. Die verwendeten Leitungen sind jedoch je nach Anwendungsbereich unterschiedlich. Im praktischen Messbetrieb sind daher in Bezug auf Störaussendung bzw. Stör-festigkeit folgende Hinweise und Randbedingungen unbedingt zu beachten:

1. Datenleitungen

Die Verbindung von Messgeräten bzw. ihren Schnittstellen mit externen Geräten (Druckern, Rechnern, etc.) darf nur mit ausreichend abgeschirmten Leitungen erfolgen. Sofern die Bedienungsanleitung nicht eine geringere maximale Leitungslänge vorschreibt, dürfen Datenleitungen zwischen Messgerät und Computer eine Länge von 3 Metern nicht erreichen und sich nicht außerhalb von Gebäuden befinden. Ist an einem Geräteinterface der Anschluss mehrerer Schnittstellenkabel möglich, so darf jeweils nur eines angeschlossen sein.

Bei Datenleitungen ist generell auf doppelt abgeschirmtes Verbindungskabel zu achten. Als IEEE-Bus Kabel ist das von HAMEG beziehbare doppelt geschirmte Kabel HZ72 geeignet.

2. Signalleitungen

Messleitungen zur Signalübertragung zwischen Messstelle und Messgerät sollten generell so kurz wie möglich gehalten werden. Falls keine geringere Länge vorgeschrieben ist, dürfen Signalleitungen eine Länge von 3 Metern nicht erreichen und sich nicht außerhalb von Gebäuden befinden.

Als Signalleitungen sind grundsätzlich abgeschirmte Leitungen (Koaxialkabel/ RG58/U) zu verwenden. Für eine korrekte Masse-verbindung muss Sorge getragen werden. Bei Signalgeneratoren müssen doppelt abgeschirmte Koaxialkabel (RG223/U, RG214/U) verwendet werden.

3. Auswirkungen auf die Messgeräte

Beim Vorliegen starker hochfrequenter elektrischer oder magne-tischer Felder kann es trotz sorgfältigen Messaufbaues über die angeschlossenen Messkabel zu Einspeisung unerwünschter Signal-teile in das Messgerät kommen. Dies führt bei HAMEG Messgeräten nicht zu einer Zerstörung oder Außerbetriebsetzung des Mess-gerätes.

Geringfügige Abweichungen des Messwertes über die vorgegebenen Spezifikationen hinaus können durch die äußeren Umstände in Einzelfällen jedoch auftreten.

4. Störfestigkeit von Spektrumanalysatoren

Beim Vorliegen starker hochfrequenter elektrischer oder magne-tischer Felder, können diese Felder zusammen mit dem Messsignal sichtbar werden. Die Einkopplung dieser Felder kann über das Versorgungsnetz, Mess- und Steuerleitungen und/oder durch direk-te Einstrahlung erfolgen. Sowohl das Messobjekt, als auch der Spektrumanalysator können hiervon betroffen sein. Die direkte Ein-strahlung in den Spektrumanalysator kann, trotz der Abschirmung durch das Metallgehäuse, durch die Bildschirmöffnung erfolgen

HAMEG Instruments GmbH

English 24

Deutsch

CE-Konformitätserklärung 2

Spektrum Analysator Serie HMS 4

Technische Daten 5

1 Installations- und Sicherheitshinweise 6
1.1 Aufstellung des Gerätes 6
1.2 Sicherheit 6
1.3 Bestimmungsgemäßer Betrieb 6
1.4 Umgebungsbedingungen 6
1.5 Gewährleistung und Reparatur 7
1.6 Wartung 7
1.7 CAT I 7
1.8 Netzspannung 7

2 Bezeichnung der Bedienelemente 8

3 Kurzbeschreibung der Serie HMS 10

4 Einstellen von Parametern 10
4.1 Numerische Tastatur 10
4.2 Drehgeber 10
4.3 Pfeiltasten 11
4.4 Softmenütasten 11
4.5 So geben Sie einen numerischen Wert ein 11

5 Gerätefunktionen 11
5.1 Frequenzeinstellung (FREQ) 11
5.2 Frequenzdarstellbereich (SPAN) 11
5.3 Einstellung der Amplitudenparameter (AMPL) 11
5.4 Einstellung der Bandbreite (BANDW) 12
5.5 Einstellung des Wobbelablaufs (SWEEP) 12
5.6 Einstellung der Messkurve (TRACE) 13
5.7 Benutzung von Markern 13

6 Speichern/Laden von Geräteeinstellungen 14
6.1 Geräteeinstellungen 14
5.8 Peak-Search 14
5.9 Betrieb im Empfängermodus (Receiver-Mode) 14
6.2 Referenzsignale 15
6.3 Kurven 15
6.4 Bildschirmfotos 16

7 Erweiterte Bedienfunktionen 17
7.1 Benutzung des Hilfesystems 17
7.2 Einstellung des Bildschirms 17
7.3 Wahl der Gerätegrundeinstellung (PRESET) 18

8 Allgemeine Geräteeinstellungen 18
8.1 Spracheinstellung 18
8.2 Allgemeine Einstellung 18
8.3 Schnittstellen-Einstellung 19
8.4 Drucker-Einstellung 19
8.5 Update (Firmware / Hilfe) 19

9 Optionales Zubehör 20
9.1 Freischaltung des Preamplifiers HO3011 20
9.2 19'' Einbausatz 4HE HZ46 20
9.3 Aufbewahrungstasche HZ99 20
9.4 Nahfeldsondensatz HZ530/HZ540 20
9.5 Spektrumsmessungen mit angeschlossener VSWR-Messbrücke HZ547 (HMS1010/3010) 20
9.6 Transient Limiter HZ560 20
9.7 75/50-Ω-Konverter HZ575 20

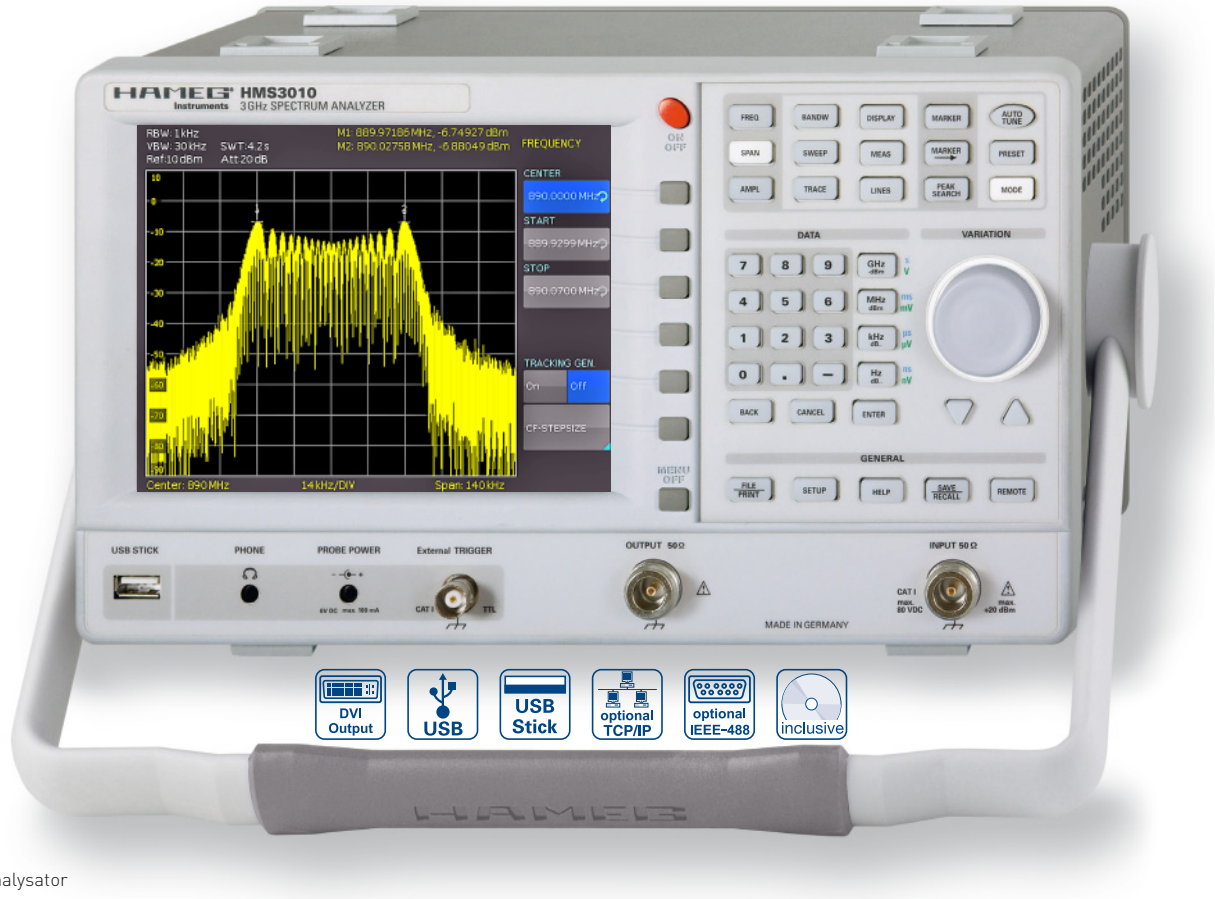
10 Anschlüsse an der Gerätevorderseite 21
10.1 USB-Anschluss 21
10.2 PHONE-Buchse 21
10.3 PROBE POWER 21
10.4 EXTERNAL TRIGGER 21
10.5 OUTPUT 50Ω (Tracking Generator) 21
10.6 INPUT 50Ω 21

11 Anschlüsse an der Geräterückseite 21
11.1 USB-Anschluss 21
11.2 DVI-Anschluss 21
11.3 REF IN / REF OUT 21

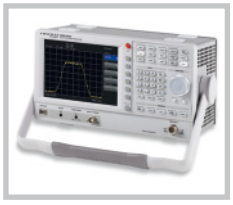
12 Remote Betrieb 21

13 Anhang 22

1GHz [3GHz] Spektrumanalysator HMS1000 [HMS3000]



3GHZ Spektrumanalysator HMS3000 ohne TG



EMV Nahfeldsondensatz 3GHz HZ550L

VSWR-Messbrücke HZ547

- ☑ Frequenzbereich 100kHz...1 GHz [3 GHz]
- ☑ Amplitudenmessbereich -114dBm...+20dBm
  DANL - 125 dBm [DANL - 135 dBm] mit Preamp. Option HO3011
- ☑ Sweepzeit 20ms...1000s
- ☑ Auflösungsbandbreite 1 kHz [100 Hz]...1MHz in 1–3 Schritten, 200kHz (-3dB), zusätzlich [200 Hz], 9kHz, 120kHz, 1MHz (-6dB)
- ☑ Spektrale Reinheit ‹ -100dBc/Hz (@100kHz)
- ☑ Videobandbreite 10 Hz...1MHz in 1-3 Schritten
- ☑ Tracking Generator HMS1010 [HMS3010] -20dBm/0dBm
- ☑ Eingebauter AM und FM Demodulator (int. Lautsprecher)
- ☑ Detektoren: Auto-, Min-, Max-Peak, Sample, RMS, Quasi-Peak
- ☑ 8 Marker mit Delta Marker, diverse Peak Funktionen
- ☑ Brilliantes 16,5cm (6,5") TFT VGA Display, LED Backlight, DVI Ausgang
- ☑ 3 x USB für Massen-Speicher, Drucker und Fernbedienung optional IEEE-488 (GPIB) oder Ethernet/USB

1GHz Spektrumanalysator HMS1000, HMS1010 (mit TG)
3GHz Spektrumanalysator HMS3000, HMS3010 (mit TG)

Alle Angaben bei 23 °C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten

Frequenz

Frequenzbereich:	
HMS1000, HMS1010	100kHz...1GHz
HMS3000, HMS3010	100kHz...3GHz
Temperaturstabilität:	± 2ppm (0...30°C)
Alterung:	± 1ppm/Jahr
Frequenzzähler (ab SW 2.0)**:**	
Auflösung	1Hz
Genauigkeit	± (Frequenz x Toleranz der Referenz)
Spanbereich:	
HMS1000, HMS1010	0Hz (Zero Span) und 1kHz...1GHz
HMS3000, HMS3010	0Hz (Zero Span) und 100Hz...3GHz
Spektrale Reinheit, SSB Phasenrauschen:	
30kHz v. Träger (500MHz, +20°C...30°C)	<-85dBc/Hz
100kHz v. Träger (500MHz, +20°C...30°C)	<-100dBc/Hz
1MHz v. Träger (500MHz, +20°C...30°C)	<-120dBc/Hz
Sweepzeit:	
Span = 0Hz	20ms...100s
Span > 0Hz	20ms...1000s, min. 20ms/600MHz
Auflösungsbandbreiten (-3 dB)**:**	
HMS1000, HMS1010	1kHz...1MHz in 1–3 Schritten, 200kHz
HMS3000, HMS3010	100Hz...1MHz in 1–3 Schritten, 200kHz
Toleranz:	
≤ 300 kHz	± 5% typ.
1MHz	± 10% typ.
Auflösungsbandbreiten (-6 dB)**:**	
HMS1000, HMS1010	9kHz, 120kHz, 1MHz
HMS3000, HMS3010	200Hz, 9kHz, 120kHz, 1MHz
Videobandbreiten:	10Hz...1MHz in 1–3 Schritten

Amplitude

Anzeigebereich:	Mittlere Rauschanzeige bis +20dBm
Amplitudenmessbereich:	Typ. -114dBm...+20dBm
Max. zulässige DC am HF-Eingang:	80V
Max. Leistung am HF-Eingang:	20dBm, 30dBm für max. 3 Min.
Intermodulationsfreier Bereich:	
(IM3 Produkte, 2 x –20dBm (-10dBm Ref.-Level)	66dB typ. (typ. +13dBm third-order intercept)
(bei Signalabstand ≤ 2MHz)	60dB typ. (+10dBm TOI)
(bei Signalabstand › 2MHz)	66dB typ. (typ. +13dBm TOI)
DANL (Displayed average noise level):	
(RBW 1kHz, VBW 10Hz, Ref. Level ≤ –30dBm 10MHz...1GHz bzw. 3GHz)	-105dBm, typ. -114dBm
Mit Preamp.	-135dBm typ. (100Hz RBW)
Eigenempfang:	
(Ref.-Level ≤-20dBm, f › 30MHz, RBW ≤ 100kHz)	< -80dBm
Nebenempfang:	
(Mischerpegel ≤ -40dBm, Trägerabstand › 1MHz)	-70dBc typ., -55dBc (2...3GHz)
2. Harmonische Empfangsfrequenz	
(Mischerpegel -40dBm):	-60dBc typ.
Pegelanzeige:	
Referenzpegel	-80dBm...+20dBm in 1 dB-Schritten
Anzeigebereich	100dB, 50dB, 20dB, 10dB, linear
Logarithmische Anzeigenskalierung	dBm, dBµV, dBmV
Lineare Anzeigenskalierung	µV, mV, V, nW, µW, mW, W
Messkurven:	1 Kurve und 1 Speicherkurve
Trace-Mathematik:	A-B (Kurve-Speicherkurve), B-A
Detektoren:	Auto-, Min-, Max-Peak, Sample, RMS, Average, Quasi-Peak
Fehler der Pegelanzeige: (Ref.-Level auf Ref.-Level-50dB, 20°C...30°C)	< 1,5dB, typ. 0,5dB

Marker/Deltamarker

Anzahl der Marker:	8
Markerfunktionen:	Peak, Next Peak, Minimum, Center = Marker Frequenz, Referenzpegel = Markerpegel, alle Marker auf Peak
Markeranzeigen:	Normal (Pegel), Rauschmarker, (Frequenz)Zähler (ab SW 2.0)

Eingänge/Ausgänge

HF-Eingang	N-Buchse
Eingangsimpedanz:	50Ω
VSWR (10MHz...1GHz/3GHz):	< 1,5 typ.
Mitlaufgenerator Ausgang:	
(HMS1010/HMS3010)	N-Buchse
Ausgangsimpedanz:	50Ω
Frequenzbereich:	5MHz...1GHz/3GHz
Ausgangspegel:	-20dBm/0dBm
Trigger- und externer Referenzeingang	BNC-Buchse, umschaltbar
Triggerspannung	TTL
Referenzfrequenz	10MHz
Notwendiger Pegel (50Ω)	10dBm
Versorgungsausgang für Sonden:	6VDC, max. 100mA (2,5mm DIN Klinke)
Audioausgang (Phone):	3,5mm DIN Klinke
Demodulation	AM und FM (interner Lautsprecher)

Verschiedenes

Anzeige:	6,5" TFT Color VGA Display
Save/Recall Speicher:	10 komplette Geräteeinstellungen
Trigger:	freilaufend, Video-Trigger (ab SW 2.0), externer Trigger
Schnittstellen:	Dual-Schnittstelle USB/RS-232 (HO720), USB-Stick (Frontseite), USB-Printer (Rückseite) ab SW 2.0, DVI für ext. Monitor
Netzanschluss:	105...253V, 50/60 Hz, CAT II
Leistungsaufnahme:	Max. 40 Watt bei 230V, 50Hz
Schutzart:	Schutzklasse I (EN61010-1)
Arbeitstemperatur:	+5°C...+40°C
Lagertemperatur:	-20°C...+70°C
Rel. Luftfeuchtigkeit:	5%...80% (ohne Kondensation)
Abmessungen (B x H x T)**:**	285 x 175 x 220mm
Gewicht:	3,6kg

Im Lieferumfang enthalten:
Netzkabel, Bedienungsanleitung, Dual-Interface USB/RS-232 (HO720), CD, HZ21 Adapterstecker (N-Stecker auf BNC-Buchse)

Optionales Zubehör:

HO3011	Preamplifier -135dBm DANL (100Hz RBW)
HO730	Dual-Schnittstelle Ethernet/USB
HO740	Schnittstelle IEEE-488 (GPIB), galvanisch getrennt
HZ547	3GHz VSWR-Messbrücke für HMS1010, HMS3010
HZ520	Ansteckantenne mit BNC Anschluß
HZ530	Nahfeldsondensatz 1GHz für EMV-Diagnose
HZ540	Nahfeldsondensatz 3GHz für EMV-Diagnose
HZ560	Transient limiter
HZ575	75/50-Ω-Konverter
HZ46	19'' Einbausatz 4HE

1 Installations- und Sicherheitshinweise

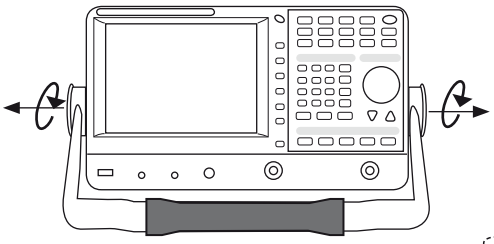
1.1 Aufstellung des Gerätes

Wie den Abbildungen zu entnehmen ist, lässt sich der Griff in verschiedene Positionen schwenken:

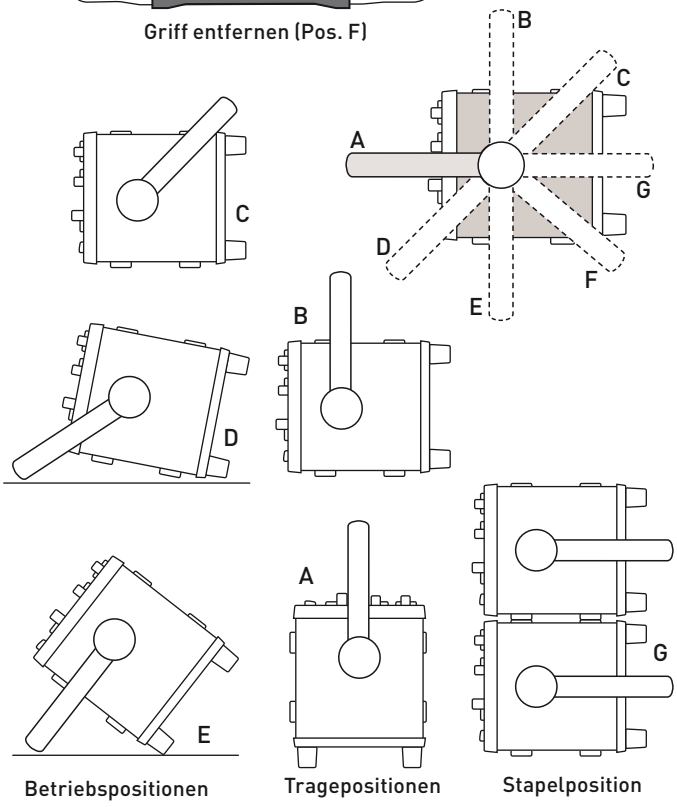
A und B = Trageposition
C, D und E = Betriebsstellungen mit unterschiedlichem Winkel
F = Position zum Entfernen des Griffes.
G = Position unter Verwendung der Gerätefüße, Stapelposition und zum Transport in der Originalverpackung.

Achtung!
Um eine Änderung der Griffposition vorzunehmen, muss der Spektrumanalysator so aufgestellt sein, dass es nicht herunterfallen kann, also z.B. auf einem Tisch stehen. Dann müssen die Griffknöpfe zunächst auf beiden Seiten gleichzeitig nach Außen gezogen und in Richtung der gewünschten Position geschwenkt werden. Wenn die Griffknöpfe während des Schwenkens nicht nach Außen gezogen werden, können sie in die nächste Raststellung einrasten.

Entfernen/Anbringen des Tragegriffs: In Position F kann der Griff entfernt werden, in dem man ihn weiter herauszieht. Das Anbringen des Griffs erfolgt in umgekehrter Reihenfolge.



Griff entfernen (Pos. F)



Betriebspositionen | Trageposition | Stapelposition

Gerätepositionen

1.2 Sicherheit

Dieses Gerät ist gemäß VDE 0411 Teil 1, Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte gebaut, geprüft und hat das Werk in sicherheitstechnisch einwandfreiem Zustand verlassen. Es entspricht damit auch den Bestimmungen der europäischen Norm EN 61010-1 bzw. der internationalen Norm IEC 1010-1. Um diesen Zustand zu erhalten und einen gefahrlosen Betrieb sicherzustellen, muss der Anwender die Hinweise und Warnvermerke beachten, die in dieser Bedienungsanleitung enthalten sind. Gehäuse, Chassis und alle Messanschlüsse sind mit dem Netzschutzleiter verbunden. Das Gerät entspricht den Bestimmungen der Schutzklasse I. Die berührbaren Metallteile sind gegen die Netzpole mit 2200 V Gleichspannung geprüft. Der Spektrumanalysator darf aus Sicherheitsgründen nur an vorschriftsmäßigen Schutzkontaktsteckdosen betrieben werden. Der Netzstecker muss eingeführt sein, bevor Signalstromkreise angeschlossen werden. Die Auftrennung der Schutzkontaktverbindung ist unzulässig. Wenn anzunehmen ist, dass ein gefahrloser Betrieb nicht mehr möglich ist, so ist das Gerät außer Betrieb zu setzen und gegen unabsichtlichen Betrieb zu sichern.

Diese Annahme ist berechtigt:
- wenn das Gerät sichtbare Beschädigungen hat,
- wenn das Gerät lose Teile enthält,
- wenn das Gerät nicht mehr arbeitet,
- nach längerer Lagerung unter ungünstigen Verhältnissen (z.B. im Freien oder in feuchten Raumen),
- nach schweren Transportbeanspruchungen (z.B. mit einer Verpackung, die nicht den Mindestbedingungen von Post, Bahn oder Spedition entsprach).

1.3 Bestimmungsgemäßer Betrieb

ACHTUNG! Das Messgerät ist nur zum Gebrauch durch Personen bestimmt, die mit den beim Messen elektrischer Größen verbundenen Gefahren vertraut sind. Der Spektrumanalysator darf nur an vorschriftsmäßigen Schutzkontaktsteckdosen betrieben werden, die Auftrennung der Schutzkontaktverbindung ist unzulässig. Der Netzstecker muss kontaktiert sein, bevor Signalstromkreise angeschlossen werden.

Der Spektrumanalysator ist für den Betrieb in folgenden Bereichen bestimmt:
- Industrie-,
- Wohn-,
- Geschäfts- und Gewerbebereich,
- Kleinbetriebe.

1.4 Umgebungsbedingungen

Der zulässige Arbeitstemperaturbereich während des Betriebes reicht von +5 °C bis +40 °C. Während der Lagerung oder des Transportes darf die Temperatur zwischen –20 °C und +70 °C betragen. Hat sich während des Transports oder der Lagerung Kondenswasser gebildet, sollte das Gerät ca. 2 Stunden akklimatisiert werden, bevor es in Betrieb genommen wird. Der Spektrumanalysator ist zum Gebrauch in sauberen, trockenen Räumen bestimmt. Es darf nicht bei besonders großem Staub- bzw. Feuchtigkeitsgehalt der Luft, bei Explosionsgefahr sowie bei aggressiver chemischer Einwirkung betrieben werden. Die Betriebslage ist beliebig, eine ausreichende Luftzirkulation ist jedoch zu gewährleisten. Bei Dauerbetrieb ist folglich eine horizontale oder schräge Betriebslage (Aufstellbügel) zu bevorzugen.

Die Lüftungslöcher dürfen nicht abgedeckt werden!

Nenndaten mit Toleranzangaben gelten nach einer Aufwärmzeit von mindestens 30 Minuten und bei einer Umgebungstempera-

tur von 23 °C (Toleranz ±2°C). Werte ohne Toleranzangabe sind Richtwerte eines durchschnittlichen Gerätes.

1.5 Gewährleistung und Reparatur

HAMEG Geräte unterliegen einer strengen Qualitätskontrolle. Jedes Gerät durchläuft vor dem Verlassen der Produktion einen 10-stündigen „Burn in-Test". Anschließend erfolgt ein umfangreicher Funktions- und Qualitätstest, bei dem alle Betriebsarten und die Einhaltung der technischen Daten geprüft werden. Die Prüfung erfolgt mit Prüfmitteln, die auf nationale Normale rückführbar kalibriert sind. Es gelten die gesetzlichen Gewährleistungsbestimmungen des Landes, in dem das HAMEG-Produkt erworben wurde. Bei Beanstandungen wenden Sie sich bitte an den Händler, bei dem Sie das HAMEG-Produkt erworben haben.

Nur für die Länder der EU:
Um den Ablauf zu beschleunigen, können Kunden innerhalb der EU die Reparaturen auch direkt mit HAMEG abwickeln. Auch nach Ablauf der Gewährleistungsfrist steht Ihnen der HAMEG Kundenservice für Reparaturen zur Verfügung.

Return Material Authorization (RMA):
Bevor Sie ein Gerät an uns zurücksenden, fordern Sie bitte in jedem Fall per Internet: http://www.hameg.com oder Fax eine RMA-Nummer an. Sollte Ihnen keine geeignete Verpackung zur Verfügung stehen, so können Sie einen leeren Originalkarton über den HAMEG-Service (Tel: +49 (0) 6182 800 500, Fax: +49 (0) 6182 800 501, E-Mail: service@hameg.com) bestellen.

1.6 Wartung

Die Außenseite des Spektrumanalysators sollte regelmäßig mit einem Staubpinsel gereinigt werden. Hartnäckiger Schmutz an Gehäuse und Griff, den Kunststoff- und Aluminiumteilen lässt sich mit einem angefeuchteten Tuch (Wasser +1% Entspannungsmittel) entfernen. Bei fettigem Schmutz kann Brennspiritus oder Waschbenzin (Petroleumäther) benutzt werden. Die Anzeige darf nur mit Wasser oder geeignetem Glasreiniger (aber nicht mit Alkohol oder Lösungsmitteln) gesäubert werden, sie ist dann noch mit einem trockenen, sauberen, fusselfreien Tuch nachzureiben. Nach der Reinigung sollte sie mit einer handelsüblichen antistatischen Lösung, geeignet für Kunststoffe, behandelt werden. Keinesfalls darf die Reinigungsfl üssigkeit in das Gerät gelangen. Die Anwendung anderer Reinigungsmittel kann die Kunststoff- und Lackoberflächen angreifen.

1.7 CAT I

Dieser Spektrumanalysator ist für Messungen an Stromkreisen bestimmt, die entweder gar nicht oder nicht direkt mit dem Netz verbunden sind. Direkte Messungen (ohne galvanische Trennung) an Messstromkreisen der Messkategorie II, III oder IV sind unzulässig! Die Stromkreise eines Messobjekts sind dann nicht direkt mit dem Netz verbunden, wenn das Messobjekt über einen Schutz-Trenntransformator der Schutzklasse II betrieben wird. Es ist auch möglich, mit Hilfe geeigneter Wandler (z.B. Stromzangen), welche die Anforderungen der Schutzklasse II erfüllen, quasi indirekt am Netz zu messen. Bei der Messung muss die Messkategorie – für die der Hersteller den Wandler spezifiziert hat – beachtet werden.

1.8 Netzspannung

Das Gerät arbeitet mit 50 und 60 Hz Netzwechselspannungen im Bereich von 105V bis 253V. Eine Netzspannungsumschaltung ist daher nicht vorgesehen. Die Netzeingangssicherung ist von außen zugänglich. Netzstecker-Buchse und Sicherungshalter bilden eine Einheit. Ein Auswechseln der Sicherung darf und kann (bei unbeschädigtem Sicherungshalter) nur erfolgen, wenn zuvor das Netzkabel aus der Buchse entfernt wurde. Dann muss der Sicherungshalter mit einem Schraubendreher herausgehebelt werden. Der Ansatzpunkt ist ein Schlitz, der sich auf der Seite der Anschlusskontakte befindet. Die Sicherung kann dann aus einer Halterung gedrückt und ersetzt werden. Der Sicherungshalter wird gegen den Federdruck eingeschoben, bis er eingerastet ist. Die Verwendung „geflickter" Sicherungen oder das Kurzschließen des Sicherungshalters ist unzulässig. Dadurch entstehende Schäden fallen nicht unter die Gewährleistung.

Sicherungstyp: Größe 5 x 20 mm; 250V~, C; IEC 127, Bl. III; DIN 41 662 (evtl. DIN 41 571, Bl. 3). Abschaltung: träge (T) 2A.

2 Bezeichnung der Bedienelemente

Geräte-Frontseite

(HMS1010 unterscheidet sich im Frequenzbereich; HMS3000 / HMS1000 ohne Tracking Generator)

1 **Display** (TFT)
6,5" VGA TFT Display

2 **Interaktive Softmenütasten** (Tasten)
Direkte Erreichbarkeit aller relevanten Funktionen

3 **POWER** (Taste)
Netzschalter zum Ein- und Ausschalten des Gerätes

Abschnitt A:
Dieser Abschnitt beinhaltet das Parameterauswahlmenü.

4 **AMPL** (Taste beleuchtet)
Einstellung der Amplitudenparameter

5 **SPAN** (Taste beleuchtet)
Einstellung des zu analysierenden Frequenzdarstellbereichs

6 **FREQ** (Taste beleuchtet)
Einstellung der Frequenz

7 **TRACE** (Taste beleuchtet)
Konfiguration der Messdatenerfassung und -analyse

8 **SWEEP** (Taste beleuchtet)
Einstellung von Ablaufzeit (Sweep Time) und der Triggerquelle

9 **BANDW** (Taste beleuchtet)
Einstellung der Auflösebandbreite und der Videobandbreite

10 **LINES** (Taste beleuchtet)
Konfiguration von Anzeige- und Grenzwertlinien

11 **MEAS** (Taste beleuchtet)
Durchführung erweiterter Messungen

12 **DISPLAY** (Taste beleuchtet)
Einstellung der Anzeige

13 **PEAK SEARCH** (Taste beleuchtet)
Anzeige von Messwertspitzen

14 **MARKER →** (Taste beleuchtet)
Suchfunktionen der Messmarken

15 **MARKER** (Taste beleuchtet)
Auswahl und Positionierung der absoluten und relativen Messmarken

16 **MODE** (Taste beleuchtet)
Umschaltung zwischen SWEEP- und RECEIVER-Mode

17 **PRESET** (Taste)
Rücksetzen des Gerätes in den Grundzustand

18 **AUTO TUNE** (Taste)
Automatische Einstellung der Geräteparameter

Abschnitt B (Data):
Dieser Abschnitt beinhaltet die Einstellmöglichkeiten via Tastatur und Einheitstasten.

19 **Numerische Tastatur** (Tasten)
Einstellung sämtlicher Betriebsparameter mit Einheiten

20 **BACK** (Taste)
Rückgängig machen von Eingaben

21 **CANCEL** (Taste)
Beendet den Bearbeitungsmodus

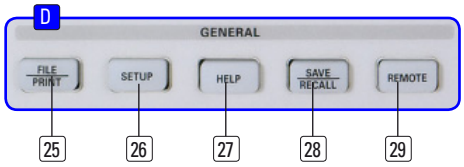
22 **ENTER** (Taste)
Bestätigung bzw. Übernahme der eingestellten Parameter

Abschnitt C (Variation):
Dieser Abschnitt beinhaltet die Einstellung via Drehgeber oder Pfeiltasten.

23 **Drehgeber**
Drehknopf zum Einstellen und Bestätigen der Sollwerte bzw. der Menüpunkte durch Druck

24 **Pfeiltasten ▲ ▼** (Tasten)
Einstellung der Signalparameter

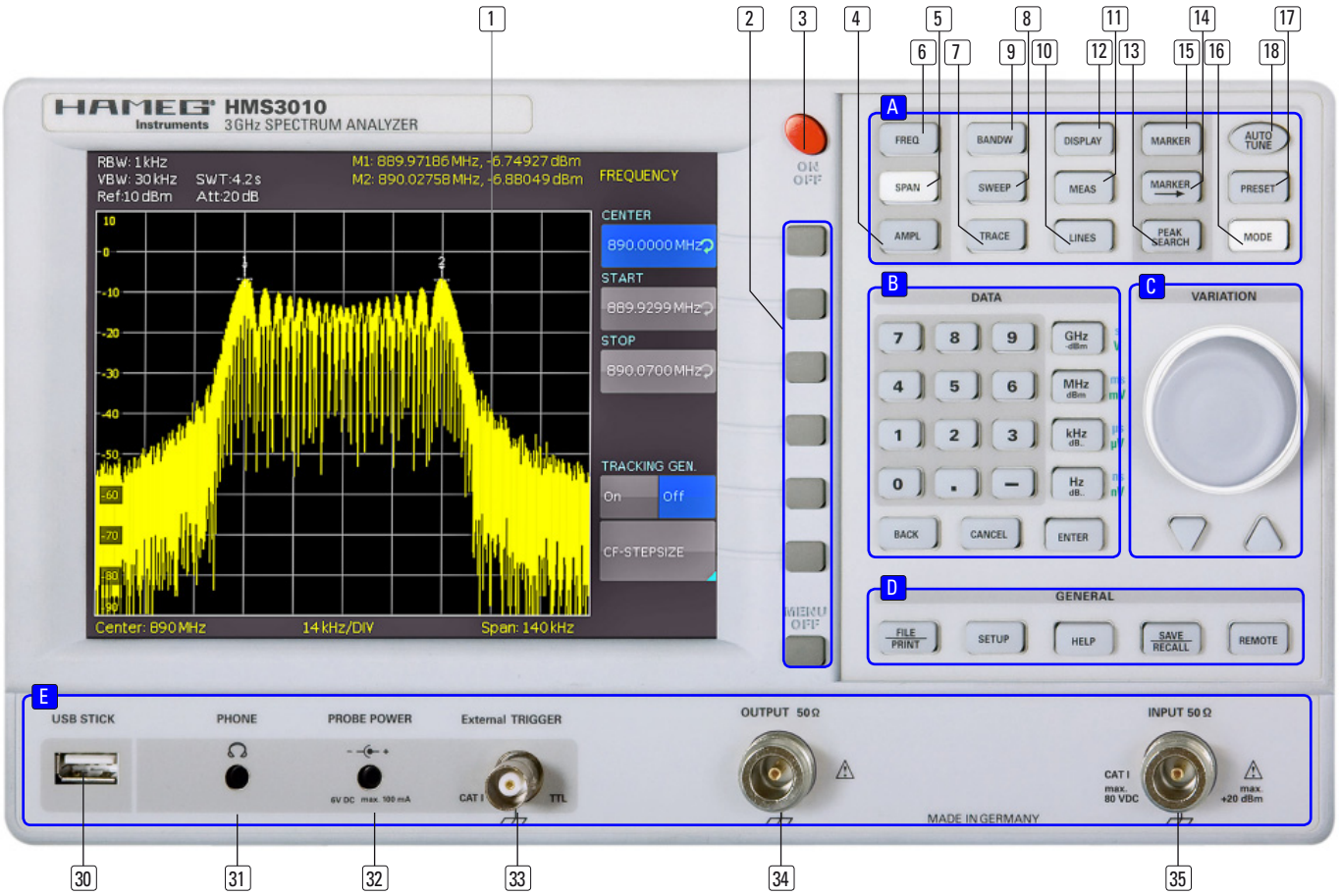
Abschnitt D (General):
Dieser Abschnitt beinhaltet die allgemeinen Geräteeinstellungen.



25 **FILE/PRINT** (Taste beleuchtet)
Ermöglicht das Abspeichern von Geräteeinstellungen, Kurven, Bildschirmfotos oder den Ausdruck auf einem Drucker

26 **SETUP** (Taste beleuchtet)
Zugriff auf allgemeine Geräteeinstellungen

27 **HELP** (Taste beleuchtet)
Integrierte Hilfeanzeige



28 **SAVE/RECALL** (Taste beleuchtet)
Laden und Abspeichern von Geräteeinstellungen, Referenzkurven, Kurven und Bildschirmfotos

29 **REMOTE** (Taste beleuchtet)
Umschalten zwischen Tastenfeld und externer Ansteuerung

Abschnitt E:
Dieser Abschnitt bietet eine Reihe von Anschlüssen.

30 **USB-Anschluss**
Frontseitiger USB-Anschluss zum Abspeichern von Parametern

31 **PHONE** ☊ (Buchse)
Kopfhöreranschluss für 3,5 mm Klinkenstecker;
Impedanz > 8 Ω

32 **PROBE POWER** (Buchse)
Stromversorgungsanschluß (6 V_{DC}) für Sonden
(2,5 mm Klinkenstecker)

33 **External TRIGGER** (BNC-Buchse)
BNC-Eingang für externes Triggersignal

34 **OUTPUT 50 Ω**
Tracking Generator (N-Buchse)
(HMS3000 / HMS1000 besitzen diese Buchse nicht)

35 **INPUT 50 Ω**
Eingangs-N-Buchse

Geräte-Rückseite

36 **Anschluss der Stromversorgung** mit Sicherung

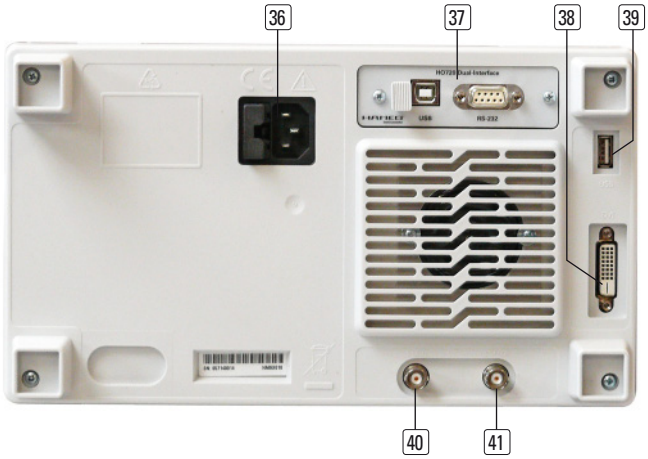
37 **Interface**
HO720 Dual-Schnittstelle (USB/RS-232) im Lieferumfang enthalten

38 **DVI** (Buchse)
Anschluss externer Monitore und Projektoren

39 **USB-Anschluss**

40 **REF IN** (BNC-Buchse)
Referenzeingang

41 **REF OUT** (BNC-Buchse)
Referenzausgang



3 Kurzbeschreibung der Serie HMS

Mit der Serie HMS kommen 4 neue TFT Spektrum Analysatoren auf den Markt, die je nach Budget mit und ohne Tracking Generator einen Bereich bis 1 oder 3GHz abdecken und durch die hohe Eingangsempfindlichkeit, die spektrale Reinheit, die umfangreichen RBW (Resolution Bandwith) Filter sowie die eingebaute Quasi-Peak Funktion ideal für Pre-Compliance-, Labor- und Produktionsanwendungen geeignet sind.

HMS1000 und HMS3000 verfügen über einen Frequenzbereich von 100kHz bis 1GHz bzw. 3GHz. Beide Geräte werden für Vierpolmessungen auch als HMS1010 bzw. HMS3010 mit Tracking Generator angeboten. Der Amplitudenmessbereich erstreckt sich von -114dBm bis +20dBm (1kHz RBW) und kann mit Hilfe des optionalen Preamplifiers auf -135dBm (100Hz) erweitert werden. Die Spektrale Reinheit ist bei 100kHz Trägerabstand besser als -100dBc/Hz.

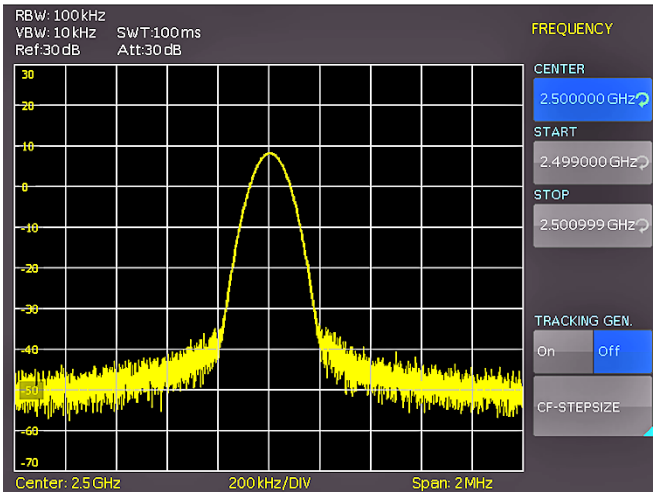


Abb. 3.1: Frequenz-Auswahlmenü

Besonderer Wert wurde auf umfangreiche und praxisgerechte Filterbandbreiten gelegt. So deckt der HMS3000 den Bereich 100Hz bis 1 MHz (-3dB) in einer 1-3 Stufung und zusätzlich für Pre-Compliance Messungen die Bandbreiten 200Hz, 9kHz, 120kHz, 1MHz (-6dB) ab. Auch die Detektoren Auto-, Min-, Max-Peak, Sample, RMS und Quasi-Peak sowie die eingebauten AM- und FM Demodulatoren (Kopfhörerausgang) gehören zur Standardausstattung. 8 Marker einschließlich Delta Marker sowie diverse Peak Funktionen verkürzen die Analyse und Auswertungszeit.

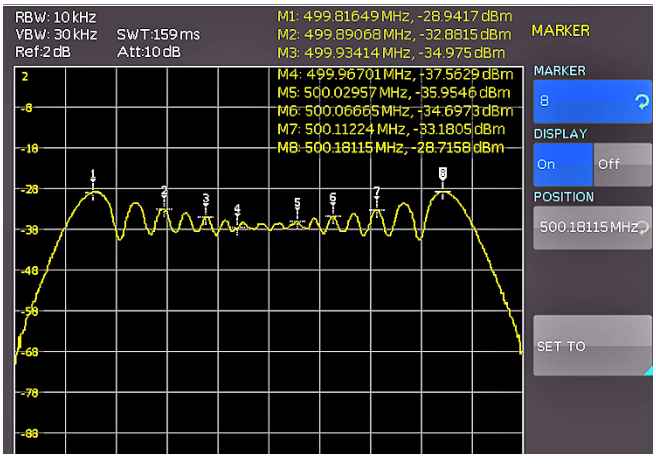


Abb. 3.2: Messfunktionen mit bis zu 8 Markern

Die Serie HMS verfügt trotz des großen 6,5-Zoll VGA-TFT-Displays über sehr kompakte Abmessungen und kann dank der Stapelbarkeit sehr platzsparend mit allen anderen Hameg Geräten kombiniert werden. Über den DVI-Ausgang ist neben einem Beamer auch ein handelsüblicher TFT-Monitor anschließbar – das kann besonders für manuelle Abgleichplätze bei 19-Zoll-Montage hilfreich sein. Neben den drei USB-Anschlüssen für Massenspeicher, Drucker und Fernsteuerzwecke wird optional auch eine IEEE-488- oder Ethernet/USB-Schnittstelle angeboten.

4 Einstellen von Parametern

Zur Einstellung von Signalparametern stehen 3 Möglichkeiten zur Verfügung:
- numerische Tastatur
- Drehgeber
- Pfeiltasten

Der jeweilige Menüpunkt wird mit den Softmenütasten ausgewählt.

4.1 Numerische Tastatur

Die einfachste Weise einen Wert exakt und schnell einzugeben ist die Eingabe über die numerische Tastatur. Bei der Eingabe über die Tastatur wird der eingegebene Zahlenwert übernommen, indem eine Taste mit der zugehörigen Einheit GHz (-dBm), MHz (dBm), kHz (dB..) oder Hz (dB..) bestätigt wird. Vor Bestätigung der Parametereinheit kann bei Falscheingabe jeder Wert durch die Taste BACK gelöscht werden. Das Bearbeitungsfenster bleibt hierbei bestehen. Mit der Taste CANCEL kann die Eingabe von Parametern beendet werden. Das Bearbeitungsfenster wird geschlossen.

Abb. 4.1: Numerische Tastatur mit Einheiten und Bearbeitungs-tasten

4.2 Drehgeber

Die Signalparameter können ebenfalls mit dem Drehgeber verändert werden. Durch Rechtsdrehen des Drehgebers wird der Sollwert erhöht, durch Linksdrehen verringert. Durch Drücken des Drehgebers können, wie bei der ENTER-Taste auch, Werte bestätigt werden. Dimensionslose Werte, wie z.B. bei der Display-Einstellung, werden ausschließlich mit dem Drehgeber verändert.

4.3 Pfeiltasten

Die Einstellung der Signalparameter kann zusätzlich mit den Pfeiltasten erfolgen. Mit ▲ kann der Wert erhöht, mit ▼ verringert werden.

4.4 Softmenütasten

Mit den grauen Softmenütasten am rechten Bildschirmrand kann das angezeigte Menüfeld im Display bedient werden. Die Einstellung des jeweiligen, angewählten Parameters erfolgt durch die numerische Tastatur oder dem Drehgeber. Ist ein Menüfeld mit den Softmenütasten ausgewählt, so wird dieser Punkt blau markiert und ist somit aktiviert für die Parametereingabe. Wenn eine Gerätefunktion wegen einer speziellen Einstellung nicht verfügbar ist, wird die dazugehörige Softmenütaste deaktiviert und die Beschriftung grau dargestellt.

4.5 So geben Sie einen numerischen Wert ein

- Wählen Sie mit Hilfe der grauen Softmenütasten ihren Menüpunkt.
- Geben Sie den Parameterwert über die Tastatur ein oder verstellen den Wert mit dem Drehgeber.
- Nach Eingabe über die Tastatur die entsprechende Einheitstaste drücken.

5 Gerätefunktionen

5.1 Frequenzeinstellung (FREQ)

Durch Druck auf die Taste FREQ gelangt man in das Frequenzeinstellungsmenü. Hier kann die Mittenfrequenz und die Start- bzw. Stoppfrequenz eingestellt werden. Die Einstellung erfolgt wie in Kap. 4 beschrieben. Die Schrittweite der Mittenfrequenz kann mit CF-STEPSIZE variiert werden. Durch Druck auf diese Softmenütaste öffnet sich das Einstellungsmenü:

- **0.1 x SPAN (Grundeinstellung):** erfolgt die Frequenzfortschaltung in 10% des Frequenzdarstellbereichs (= 1 Teilstrich der vertikalen Skalierung).
- **0.5 x SPAN:** erfolgt die Frequenzfortschaltung in 50% des Frequenzdarstellbereichs (= 5 Teilstriche der vertikalen Skalierung).
- **SET TO CENTER:** Frequenzfortschaltung mit der Frequenz der augenblicklichen Mittenfrequenz; diese Einstellung ist insbesondere zur Messung von Oberwellen geeignet; mit jeder Frequenzfortschaltung springt die Mittenfrequenz auf die nächste Oberwelle.
- **MANUAL:** beliebige Schrittweite wählbar; Untersuchung von Spektren mit regelmäßigen Frequenzabständen einfach möglich.

5.2 Frequenzdarstellbereich (SPAN)

Der Frequenzdarstellbereich (= Span) ist der Bereich um die Mittenfrequenz, den ein Spektrumanalysator am Bildschirm anzeigt. Der zu wählende Darstellbereich hängt von dem zu untersuchenden Signal ab. Sinnvollerweise sollte er mindestens doppelt so groß wie die belegte Bandbreite des Signals sein.

Die Serie HMS bietet bei der Spektrumsdarstellung Spans zwischen 1kHz und 1GHz (HMS1000/1010) bzw. 100Hz und 3GHz (HMS3000/3010) an. Bei 0Hz Span (Zero Span) wird der Zeitverlauf des Signals angezeigt. Der Spektrumanalysator misst den Signalpegel nur auf der eingestellten Mittenfrequenz. Die Einstellung erfolgt wie in Kap. 4 beschrieben. Um den gesamten Frequenzbereich von 100kHz bis 1GHz bzw. 3GHz auf Knopfdruck einzustellen, ist der Softmenüpunkt FULL vorgesehen. Die Softmenütaste LAST stellt die vorherige Frequenzeinstellung wieder her.

5.3 Einstellung der Amplitudenparameter (AMPL)

Über die Taste AMPL erfolgen die Einstellungen aller Pegelanzeige bezogenen Einstellungen. Der Softmenüpunkt Referenzpegel (REF. PEGEL) entspricht der obersten Raster-Linie im Messwertdiagramm. Die Einstellung erfolgt wie in Kap. 4 beschrieben. Mit dem Referenzpegel wird die Verstärkung des Eingangssignals bis zur Anzeige eingestellt. Bei niedrigen Referenzpegeln ist die Verstärkung hoch, so dass auch schwache Signale gut sichtbar angezeigt werden. Bei starken Eingangssignalen ist der Referenzpegel hoch einzustellen, damit sie den Signalzweig des Analysators nicht übersteuern und die Anzeige des Signals innerhalb des Darstellbereichs bleibt. Bei einem Spektrum mit vielen Signalen sollte der Referenzpegel mindestens so groß sein, dass alle Signale innerhalb des Darstellbereichs sind.

Der Empfängereingang kann durch einen falsch eingestellten Referenzpegel übersteuert werden.

Die Grundeinstellung (EINHEIT) des Referenzpegels ist die Einheit dBm. Es kann zusätzlich die Einheit dBµV nach Aktivierung der Softmenütaste mit dem Drehgeber ausgewählt werden. Der Messbereich (BEREICH) bestimmt die Auflösung der Pegelachse des Messdiagramms. In der Grundeinstellung ist die Skalierung der Pegelachse in dB. Der Messbereich ist 10dB pro Unterteilung (10dB/DIV). Für höhere visuelle Auflösung der Pegelachse bietet der Spektrumanalysator auch die Bereiche 5dB/DIV, 2 dB/DIV und 1dB/DIV an. Eine erhöhte Auflösung erhöht jedoch nicht die Genauigkeit, sondern dient nur der besseren Ablesbarkeit der Messkurve.

Direkt gekoppelt an den Referenzpegel ist die Einstellung der HF-Dämpfung am Eingang des Spektrumanalysators. Dabei verfügt das Gerät über zwei verschiedene Modi der Kopplung:

- LOW NOISE (möglichst hohe Empfindlichkeit)
- LOW DISTORTION (möglichst niedrige Intermodulationsprodukte)

Diese sind über die Softmenütaste ATT-EINSTELLUNG einzustellen. Im Mode LOW DISTORTION wird eine 10dB höhere HF-Dämpfung eingestellt.

Der Vorverstärker (Preamplifier) kann hier mit der entsprechenden Softmenütaste an- bzw. ausgeschaltet werden (siehe Kap. 9.1 zur Freischaltung des optionalen Preamplifiers).

5.4 Einstellung der Bandbreite (BANDW)

Spektrumanalysatoren besitzen die Eigenschaft, dass sie die Frequenzanteile eines Signals als Frequenzspektrum auflösen können. Das Auflösungsvermögen ist durch die Auflösungsbandbreite bestimmt. Zusätzlich bieten die Spektrumanalysatoren eine umschaltbare Videobandbreite an. Das Gerät wählt automatisch (bei Bedarf auch manuelle Einstellung möglich) eine langsamere Sweepzeit, wenn bei einer gewählten RBW der Span zu groß eingestellt wurde (vorausgesetzt die Span-Einstellungen stehen nicht auf manuell).

Die Videobandbreite bestimmt die Glättung der Messkurve durch Befreiung von Rauschen. Diese wird durch die Grenzfrequenz des Tiefpassfilters bestimmt, mit der die Videospannung gefiltert wird, bevor sie zur Anzeige gelangt. Im Gegensatz zur Auflösungsbandbreite trägt die Videobandbreite nicht zum Auflösungsvermögen des Spektrumanalysators bei.

Ist bei manueller Eingabe ein zu großer Span oder eine zu hohe Sweepzeit gewählt, so werden die Amplituden nicht pegelkorrekt angezeigt. In einem solchen Falle warnt die rote „UNCAL"-Anzeige. Der Span muss dann reduziert werden, bis die „UNCAL"-Anzeige verschwindet.

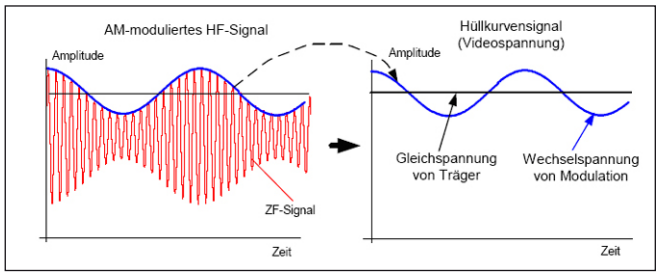


Abb. 5.1: Sinussignal moduliertes HF-Signal und das entsprechende Videosignal im Zeitbereich.

Durch Druck auf die Taste BANDW gelangen Sie in das Einstellungsmenü der Bandbreiten. Die Auflösungsbandbreite (RBW) bzw. die Videobandbreite (VBW) können in den spezifizierten Grenzen eingestellt werden. Folgende Schrittweiten stehen zur Auswahl zur Verfügung:

RBW	VBW
100 Hz	10 Hz
200 Hz	30 Hz
1 kHz	100 Hz
3 kHz	300 Hz
10 kHz	1 kHz
30 kHz	3 kHz
100 kHz	10 kHz
200 kHz	30 kHz
300 kHz	100 kHz
1MHz	300 kHz
	1 MHz
	3 MHz

Tabelle 5.1: Einstellungsmöglichkeiten für RBW bzw. VBW

Zusätzlich kann bei beiden Bandbreiten eine automatische Einstellung (AUTO RBW / AUTO VBW) mit der entsprechenden Softmenütaste gewählt werden. Die Einstellung der Parameter erfolgt mit dem Drehgeber.

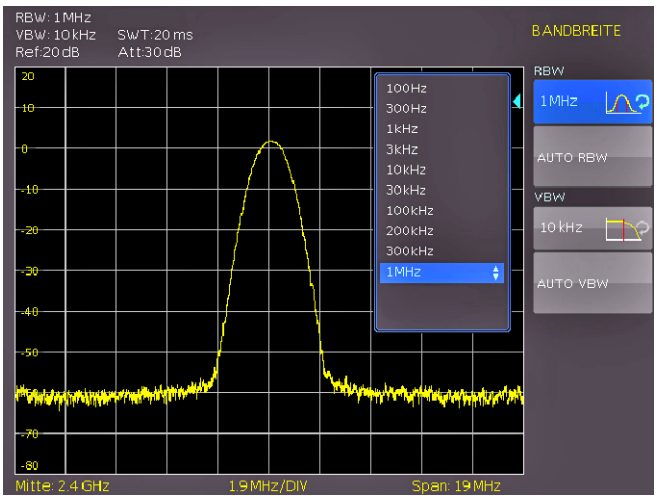


Abb. 5.2: Auswahlmöglichkeiten RBW

5.5 Einstellung des Wobbelablaufs (SWEEP)

Bei Frequenzdarstellbereichen f > 0 ist die Sweepzeit die Zeit, in der ein Spektrumanalysator den darzustellenden Frequenzbereich durchfährt, um das Spektrum zu messen. Dabei sind bestimmte Randbedingungen (z.B. eingestellte Auflösungsbandbreite) für eine richtige Anzeige zu beachten.

Durch Druck der Taste SWEEP gelangt man in das Auswahlmenü. Die SWEEPZEIT kann in den spezifizierten Grenzen variiert werden. Die Einstellung der Parameter erfolgt wie in Kap. 4 beschrieben. Um den Anwender bei der Einstellung der Sweepzeit zu unterstützen, kann eine automatische Kopplung der Sweepzeit an die eingestellte Auflösungsbandbreite und den Span mit entsprechender Softmenütaste AUTO gewählt werden. Bei automatischer Kopplung wird immer die kürzest mögliche Sweepzeit für eine richtige Anzeige von Sinussignalen im Spektrum eingestellt.

Die Serie HMS wobbelt in der Grundeinstellung kontinuierlich über den gewählten Frequenzbereich, d.h. wenn ein Sweep beendet ist, wird ein Neuer begonnen. Die Messkurve wird dabei jedes Mal neu gezeichnet. Ist eine kontinuierliche Wobbelung nicht gewünscht (z. B. wenn in Verbindung mit einem Triggerereignis ein einmaliger Vorgang aufgezeichnet werden soll), gibt es die Möglichkeit der Einstellung eines einzelnen Sweeps (EINZELN). Bei Wahl des Single-Sweeps wobbelt der Spektrumanalysator einmalig über den Frequenzbereich oder stellt einmalig im Zero-Span das Video-Zeitsignal dar. Erst durch erneutes Drücken auf den Softkey EINZELN wiederholt das Gerät die Messung.

Zusätzlich werden im Softmenü TRIGGER verschiedene Triggerfunktionen angeboten, um auf Ereignisse zu reagieren:

- **FREILAUF:** ein neuer Sweep beginnt, wenn der vorhergehende beendet ist (Grundeinstellung).
- **EXTERN ⨍ und EXTERN ⨍ :** der Sweep wird durch die positive oder negative Flanke eines externen Triggersignals gestartet; das externe Triggersignal wird über die BNC-Buchse EXTERNAL TRIGGER zugeführt (Schaltschwelle eines TTL-Signals)

Die Auswahl eines Triggers erfolgt mit der entsprechenden Softmenütaste.

5.6 Einstellung der Messkurve (TRACE)

Durch Druck auf die Taste TRACE gelangt man in das Einstellungsmenü. Die Darstellung einer Messkurve kann auf verschiedene Weisen erfolgen (TRACE MODE):

- **CLEAR / WRITE (Grundeinstellung):** die vorgehende Messkurve während eines neuen Sweeps wird gelöscht.
- **MAX HOLD:** Maximalwerterfassung aus der gerade gemessenen und allen vorhergehenden Messkurven; mit MAX HOLD können intermittierende Signale im Spektrum oder der Maximalwert bei schwankenden Signalen gut gefunden werden.
- **MIN HOLD:** Minimalwerterfassung aus der gerade gemessenen und allen vorhergehenden Messkurven; mit MIN HOLD können Sinussignale aus dem Rauschen hervorgehoben werden oder intermittierende Signale unterdrückt werden.
- **AVERAGE:** Mittelwertbildung des Pegels aus aufeinanderfolgenden Messkurven; die Mittelwertbildung erfolgt in der Grundeinstellung pixelweise und gleitend über die letzten Messkurven; Average-Mode ist somit geeignet Sinussignale nahe dem Rauschen besser sichtbar zu machen (ab Software-Version 1.2 auf www.hameg.com/downloads verfügbar).
- **VIEW:** friert die gerade angezeigte Messkurve ein; die Messung wird abgebrochen; somit ist zum Beispiel die Auswertung gemessener Spektren mit dem Marker nachträglich möglich.

Durch die Unterfunktion TRACE ⇨ MEMORY kann eine Messkurve in den Hintergrund-Messkurvenspeicher übernommen und zum Vergleich mit der aktuellen Messkurve durch Druck auf die Softmenütaste SHOW MEMORY angezeigt werden. Die gespeicherte Messkurve ist immer durch ihre weiße Farbe gekennzeichnet, so dass sie leicht von der aktuellen Messkurve unterscheidbar ist. Zum Ausblenden der gespeicherten Messkurve die Softmenütaste SHOW MEMORY erneut drücken.

Der Spektrumanalysator kann eine gespeicherte Messkurve von der aktiven Messkurve subtrahieren und die Differenz auf dem Display darstellen. Ist unter TRACE ⇨ MEMORY eine Messkurve gespeichert, so kann durch Drücken der Softmenütaste TRACE MATH die Differenz aus der im Speicher abgelegten Messkurve und der aktiven Messkurve angezeigt werden. Zum Ausblenden der gespeicherten Messkurve wieder die Softmenütaste TRACE MATH drücken und AUS auswählen. Erweiterte Funktionen (TRACE SETUP) und die Speichermathematik werden mit einem Softwareupdate V1.2 auf www.hameg.com/downloads verfügbar sein.

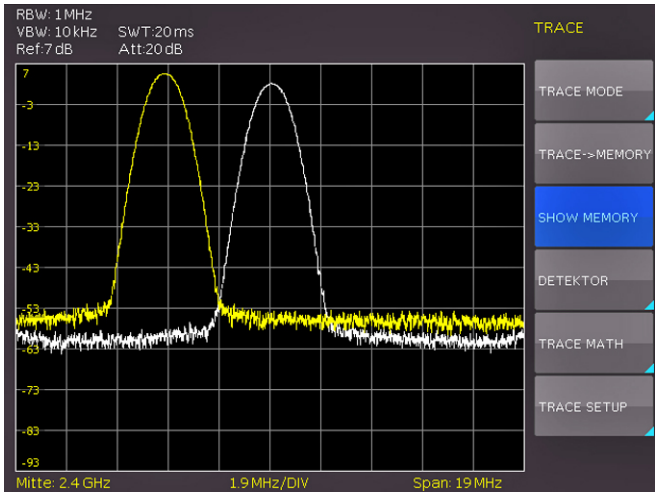


Abb. 5.3: Anzeige einer Mess- und gespeicherten Referenzkurve

Die Messkurve im Speicher (Memory Trace) legt der Spektrumanalysator im Bildspeicher als Bitmap ab. Er passt daher die Speicherkurve nicht an einen geänderten Referenzpegel oder Frequenzdarstellbereich an.

5.6.1 Detektoren

Ein Detektor bewertet die Videospannung eines Spektrumanalysators bevor sie angezeigt wird. Er wirkt immer pixelweise auf die Messkurve, d. h. er bestimmt die Art wie der Pegelwert eines Pixels erzeugt wird. Durch Druck auf die Softmenütaste DETEKTOR gelangt man in ein Einstellungsmenü, wo man verschiedene Detektoren auswählen kann:

- **AUTO PEAK:** der Spektrumsanalysator zeigt bei jedem Pixel den Maximalwert und den Minimalwert des Pegels aus dem Frequenzbereich an, der durch das entsprechende Pixel angezeigt wird; kein Signal geht verloren; bei schwankenden Signalpegeln (Rauschen) zeigt die Breite der Messkurve die Schwankungsbreite des Signals an (Grundeinstellung).
- **SAMPLE:** zeigt nur einen beliebigen Messpunkt des Spektrums innerhalb eines Anzeigepixels an; der Sample Detektor sollte immer bei der Messung bei Span = 0 Hz verwendet werden, da nur damit der Zeitverlauf des Videosignals richtig dargestellt werden kann. Kann zur Rauschleistungsmessung genutzt werden; bei der Messung von Signalspektren können bei Spans, die größer als die (Auflösebandbreite x 501) sind, Signale verloren gehen.
- **MAX PEAK:** liefert im Gegensatz zum Auto-Peak-Detektor nur den Maximalwert des Spektrums innerhalb eines Pixels der Messkurve (z.B. Messung von pulsartigen Signalen oder FM-modulierten Signalen)
- **MIN PEAK:** liefert den Minimalwert des Spektrums innerhalb eines Pixels der Messkurve; Sinussignale werden pegelrichtig dargestellt während rauschartige Signale unterdrückt werden (z.B. Sinussignale aus dem Rauschen hervorheben)

5.7 Benutzung von Markern

Zur Auswertung einer Messkurve bietet die Serie HMS mehrere Marker und Delta-Marker an. Die Marker sind immer an die Messkurve gebunden und zeigen die Frequenz und den Pegel an der jeweiligen Stelle der Messkurve an. Die Frequenzposition des Markers ist durch ein Pfeilsymbol gekennzeichnet. Die numerischen Werte für die Frequenz und den Pegel sind am Bildschirm oben dargestellt. Die Einheit des Pegels ist durch die eingestellte Einheit des Referenzpegels bestimmt.

Auswählbar sind hier 8 verschiedene Marker, die mit Hilfe des Drehgebers ausgewählt werden können. Dementsprechend kann mit der Softmenütaste POSITION die Frequenzposition auf der Kurve gewählt werden. Die einzelnen Marker können mit der entsprechenden Softmenütaste an- bzw. ausgeschaltet werden.

Der Pegel des Delta-Markers ist immer relativ zum Hauptmarker, d.h. die Pegeleinheit ist immer dB. Die Frequenzangabe für den Deltamarker bezieht sich immer auf den Bezugsmarker (Marker 1) und zeigt den Abstand zu diesem Marker an. Delta-Marker werden mit einem Softwareupdate V1.2 auf www.hameg.com/downloads verfügbar sein.

5.8 Auto Tune

Bei Benutzung der Markerfunktion wird das angezeigte Signal durch Druck auf die Taste AUTO TUNE auf dem Bildschirm skaliert. Diese Funktion wird ab einem Softwareupdate V1.2 auf www.hameg.com/downloads verfügbar sein.

5.9 Peak-Search

Die sogenannte Peak-Search-Taste ermöglicht dem Anwender die Anzeige des nächsten maximalen Messwertausschlages. Durch Druck auf die Softmenütaste PEAK kann dieser Ausschlag sichtbar gemacht werden. Erweiterte Funktionen werden mit einem Softwareupdate V1.2 auf www.hameg.com/downloads verfügbar sein.

5.10 Betrieb im Empfängermodus (Receiver-Mode)

Durch Drücken der Taste MODE gelangt man in das Auswahlmenü, in dem man den Empfängermodus anschalten kann. Der Spektrumanalysator verhält sich hierbei wie ein Empfänger, der auf einer vorgegebenen Frequenz den Pegel misst. Die wichtigsten Einstellungen der Messparameter, wie z.B. Frequenz, Amplitude oder Auflösungsbandbreite, sind können über die entsprechenden Tasten eingegeben werden. Im Empfängermodus stehen die gleichen Bandbreiten wie im Analysatorbetrieb zur Verfügung. Zusätzlich sind die Bandbreiten 200 Hz, 9 kHz, 120 kHz und 1MHz (-6dB) für Störemissionsmessungen nach CISPR verfügbar. Ein Detektor (Spitzenwert (Peak), Effektivwert-(RMS) oder Quasi-Peak-Detektor) wird über die Taste FREQ und die Softmenütaste DETEKTOR eingestellt. Die Messzeit ist die Zeit, in der der Spektrumanalysator Messwerte sammelt und entsprechend dem gewählten Detektor zu einem Anzeigeergebnis zusammenfasst.

Die Serie HMS bietet unter dem Softmenüpunkt AUDIO einen AM- und FM-Hördemodulator zum Abhören von modulierten Signalen an. Das demodulierte Signal kann mit dem Kopfhörer oder über einen integrierten Lautsprecher abgehört werden. Der Kopfhörer wird an der Kopfhörerbuchse (3,5 mm-Klinkenbuchse) angeschlossen. Wird ein Kopfhörer benutzt, ist der interne Lautsprecher deaktiviert. Mit der entsprechenden Softmenütaste kann die Demodulation an- bzw. ausgeschaltet und die Lautstärke reguliert werden.

6 Speichern/Laden von Geräteeinstellungen

Die Serie HMS kann 5 verschiedene Arten von Daten abspeichern:
- Geräteeinstellungen
- Referenzsignale
- Kurven
- Bildschirmfotos
- Formelsätze

Von diesen Datenarten lassen sich nur Kurven und Bildschirmfotos auf einem angeschlossenen USB-Stick abspeichern. Alle Anderen lassen sich sowohl auf einem USB-Stick, als auch intern in nichtflüchtigen Speichern im Gerät ablegen.

6.1 Geräteeinstellungen

Das Hauptmenü für Speicher und Ladefunktionen rufen Sie durch Druck auf die Taste SAVE/RECALL auf. Hier erscheint zunächst die Unterteilung, welche Datenarten gespeichert und geladen werden können. Das Drücken auf die Taste neben dem obersten Menüpunkt GERÄTEEINST. öffnet das entsprechende Menü.

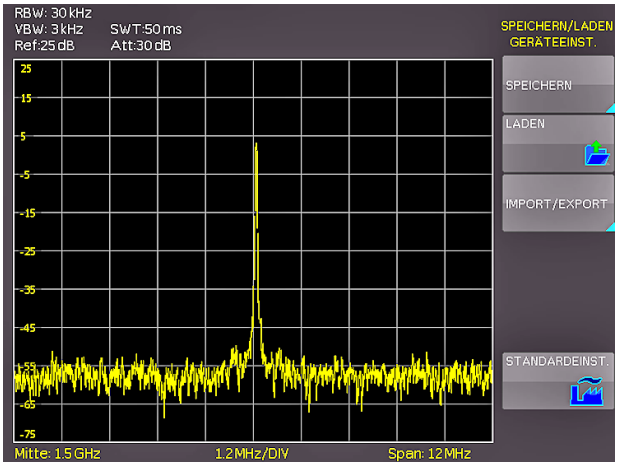


Abb. 6.1: Basismenü für Geräteeinstellungen

In diesem Menü können Sie durch Druck auf die entsprechende Taste das Menü zum Abspeichern, den Dateimanager zum Laden und das Menü zum im- und exportieren der Geräteeinstellungen aufrufen. Zusätzlich bietet der Menüpunkt STANDARDEINST. die Möglichkeit, die werksseitig vorgegebenen Standardeinstellungen zu laden. Der Druck auf die Menütaste SPEICHERN öffnet das Speichermenü.

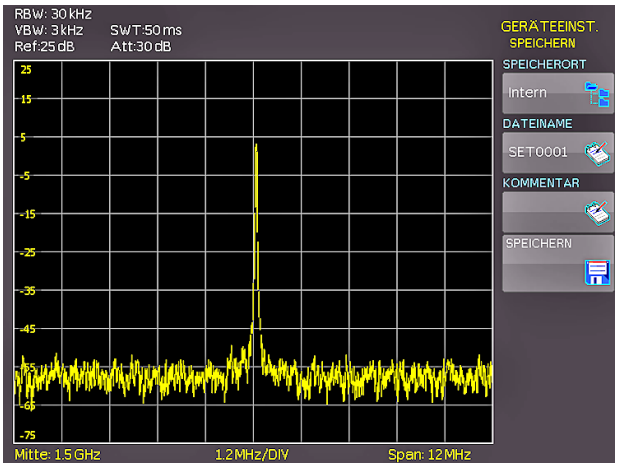


Abb. 6.2: Geräteeinstellungen speichern

Hier können Sie den Speicherort (Interner Speicher, vorderer USB- oder hinterer USB-Anschluss) wählen, einen Dateinamen sowie einen Kommentar einfügen und mit dem Druck auf die Softmenütaste neben dem Menü SPEICHERN entsprechend die Einstellungen sichern. Um abgespeicherte Einstellungsdateien wieder zu laden, wählen Sie im Geräteeinstellungshauptmenü den Menüpunkt LADEN durch Druck der entsprechenden Softmenütaste. Es öffnet sich der Dateimanager, in welchem Sie mit den Menütasten und dem Universalknopf navigieren können.

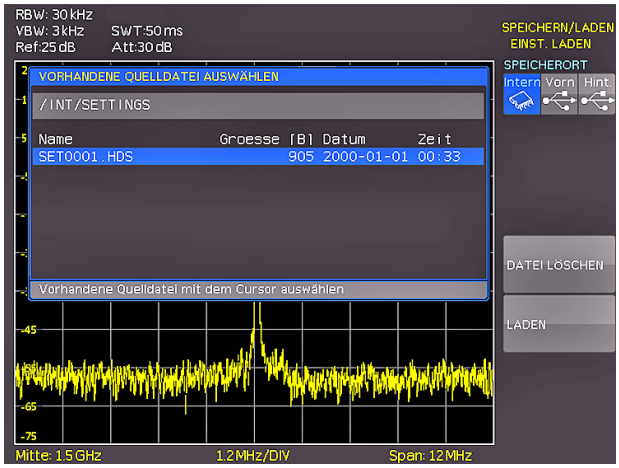


Abb. 6.3: Geräteeinstellungen laden

Wählen Sie den Speicherort, von dem Sie die Einstellungsdatei laden wollen im Dateimanager aus und laden die Geräteeinstellungen durch Drücken der Softmenütaste LADEN. Der Dateimanager bietet Ihnen auch die Möglichkeit, einzelne Einstellungsdateien aus dem internen Speicher zu löschen. Wenn Sie einen USB Stick angeschlossen haben und als Speicherort auswählen, können Sie zusätzlich noch Verzeichnisse wechseln und löschen. Um Geräteeinstellungen zu im- oder exportieren muss ein USB Stick angeschlossen sein, sonst ist das Menü nicht auswählbar. Ist diese Voraussetzung erfüllt, öffnet das Drücken der Taste neben IMPORT/EXPORT ein Menü, um Geräteeinstellungenzwischen dem internen Speicher und einem USB Stick zu kopieren.

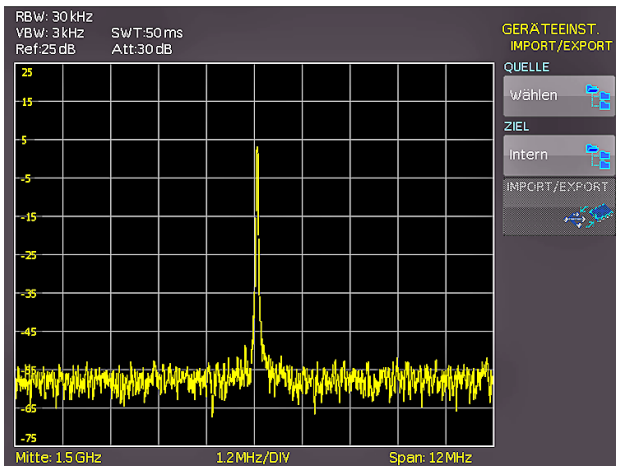


Abb. 6.4: IMPORT / EXPORT Menü für Geräteeinstellungen

Wählen Sie die Quelle in dem Menü, welches sich nach dem Drücken der Taste neben dem Menüpunkt Quelle öffnet (zum Beispiel INTERN). Wählen Sie das Ziel (zum Beispiel VORN) nach demselben Verfahren. Wenn Sie jetzt die Taste neben IMPORT/EXPORT drücken, wird gemäß der Voreinstellung die gewählte Einstellungsdatei kopiert. (in diesem Beispiel vom internen Speicher auf einen USB-Stick). Sie können sowohl vom internen auf den externen Speicher und umgekehrt kopieren. Bei zwei angeschlossenen USB-Sticks, funktioniert dies auch zwischen diesen beiden.

6.2 Referenzsignale

Referenzen sind Datensätze, die aus den Einstellungsinformationen bestehen. Diese können Sie sowohl intern als auch extern abspeichern und zurückladen. Das Hauptmerkmal von Referenzen ist, dass beim Speichern und Rückladen alle Informationen übertragen werden und damit immer das Ursprungssignal mit seinen Werten verglichen werden kann. Wenn Sie die SAVE/RECALL-Taste drücken und den Menüpunkt REFERENZEN wählen, können Sie in das Menü IMPORT/EXPORT wechseln. Hier erscheint das Standardmenü des Dateimanagers, in dem Sie zwischen internem Speicher und externen USB-Sticks Referenzen kopieren können (Beschreibung siehe Kap. 5.1).

6.3 Kurven

Kurven können nur auf extern angeschlossene USB-Sticks (nicht intern) in den folgenden Formaten abgespeichert werden:

HAMEG Binärformat: In einer Binärdatei kann jeder beliebige Bytewert vorkommen. Die aufgenommenen Kurvendaten werden ohne Zeitbezug abgespeichert.

CSV (Comma Separated Values): In CSV Dateien werden die Kurvendaten in Tabellenform abgespeichert. Die unterschiedlichen Tabellenzeilen sind durch ein Komma voneinander getrennt.

HRT (HAMEG Reference Time): Dateien mit dieser Endung sind Referenzkurven des Zeitbereichs. Wird die dargestellte Kurve in dieses Format gespeichert, so kann sie im Referenzenmenü verwendet werden. Mit dem HRT-Format können Sie auch Dateien erzeugen, die über das Referenzmenü zurück in den Spektrumanalysator geladen werden können.

Um Kurven abzuspeichern drücken Sie die SAVE/RECALL-Taste und wählen im Hauptmenü den Menüpunkt KURVEN durch Drücken der zugehörigen Softmenütaste.

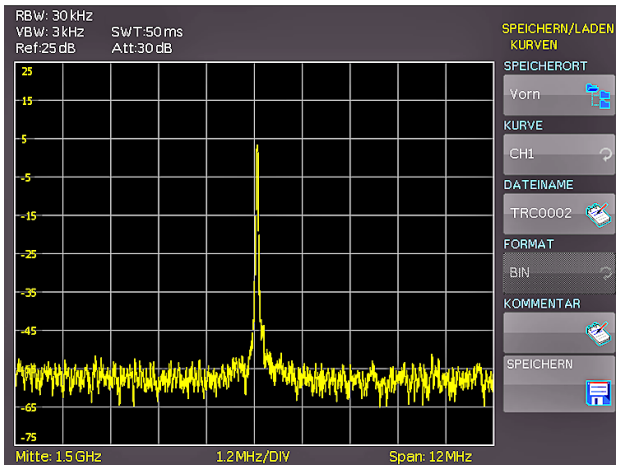


Abb. 6.5: Menü zum Abspeichern von Kurven

In dem sich öffnenden Menü können Sie an oberster Stelle wählen, ob Sie den USB-Anschluss an der Front- oder der Rückseite des Gerätes als Ziel nutzen. Diese Wahl ist möglich, wenn in dem jeweiligen Anschluss ein USB-Stick erkannt wurde. Wenn Sie diese Auswahl bei angeschlossenem Stick durch Druck auf die Menütaste treffen, öffnet sich beim ersten Mal der Dateimanager inklusive dem entsprechenden Menü, mit dem ein Zielverzeichnis ausgewählt oder erstellt werden kann. Die Wahl des Zielverzeichnisses bestätigen Sie mit OK und gelangen wieder in das KURVEN-Speicher-Menü. Der Druck auf die Taste neben dem zweiten Menüpunkt (KURVE) aktiviert

diesen (wird blau hinterlegt) und ermöglicht die Auswahl des Kanals, den Sie als Kurve abspeichern wollen mit dem Universalknopf. Es kommen nur die Kanäle in die Auswahl, die auch eingeschaltet sind.

Das Drücken der Menütaste neben DATEINAME öffnet das Nameneingabemenü. Menü einen Namen eingeben und mit ANNEHMEN bestätigen können. Automatisch erscheint wieder das KURVEN-Speichern-Menü. Zusätzlich kann bei Kurven ein Kommentar abgespeichert werden. Der Druck auf die entsprechende Menütaste neben KOMMENTAR öffnet das Kommentareingabefenster. Nach Eingabe des Kommentares und dem Bestätigen mit der Menütaste ANNEHMEN, erscheint wieder das KURVEN-Speichern-Menü. Wenn Sie diese Eingaben alle gemacht haben, wird nach dem Drücken der Menü-Taste neben SPEICHERN die gewählte Kurve entsprechend den Einstellungen abgespeichert.

6.4 Bildschirmfotos

Die wichtigste Form des Abspeicherns im Sinne der Dokumentation ist das Bildschirmfoto. Die Einstellungen zu Speicherort und Format sind nur möglich, wenn Sie mindestens einen USB-Stick angeschlossen haben. Das Einstellen erfolgt in dem Menü, welches sich öffnet, wenn Sie die SAVE/RECALL-Taste auf dem Bedienfeld und anschließend die Menütaste zu BILDSCHIRMFOTO drücken.

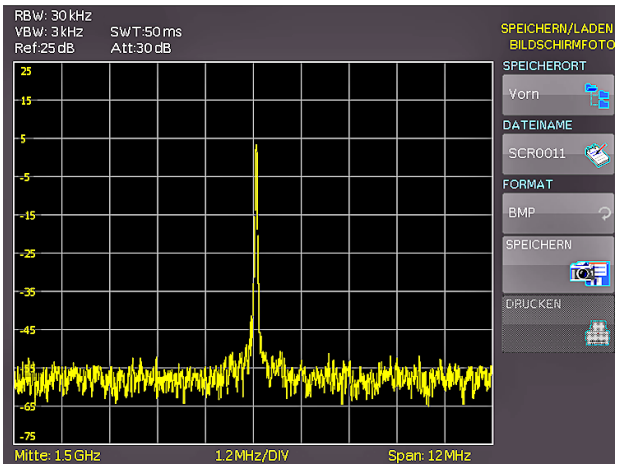


Abb. 6.6: Bildschirmfoto-Menü

In diesem Menü können Sie den Speicherort (entsprechend den angeschlossenen USB-Stick's) mit der obersten Menütaste wählen. Bei erstmaliger Auswahl erscheint der Dateimanager zur Anlage und Auswahl des Zielverzeichnisses. Nach erfolgter Eingabe dieser Informationen erscheint wieder das BILDSCHIRMFOTO-Speicher-Menü. Der zweite Menüpunkt DATEINAME ermöglicht die Eingabe eines Namen über das entsprechende Namen-Eingabe-Menü, welches sich automatisch bei Anwahl dieses Menüpunktes öffnet. Wenn Sie FORMAT mit der entsprechenden Menütaste anwählen, steht Ihnen folgende Formate zur Auswahl: BMP = Windows Bitmap (unkomprimiertes Format) und GIF. Der Druck auf die Taste neben dem Menüeintrag SPEICHERN löst eine sofortige Speicherung des aktuellen Bildschirms an den eingestellten Ort, mit dem eingestellten Namen und Format aus.

6.4.1 Beispiel eines Bildschirmfotos

Um die gewünschten Daten speichern zu können, müssen Sie die Art und das Speicherziel festlegen. Verbinden Sie zunächst einen USB-Stick (siehe 8.1. USB-Anschluss) mit dem vorderen USB-Anschluss Ihres Spektrumanalysators. Drücken Sie nun die Taste SAVE/RECALL, um das entsprechende Menü zu öffnen.

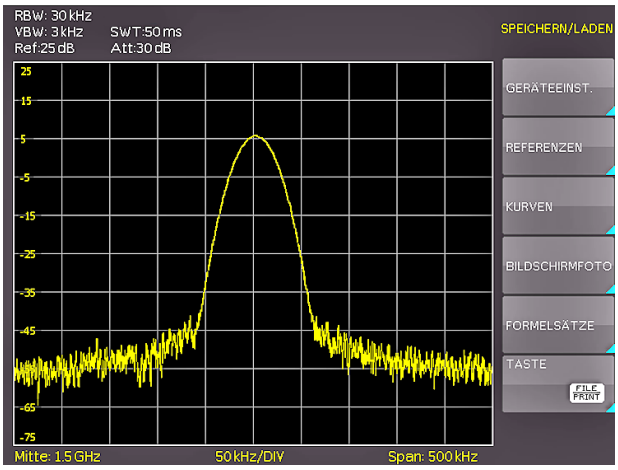


Abb. 6.7: Speichern und Laden Menü

Wählen Sie jetzt die gewünschte Art der zu speichernden Daten durch Drücken der entsprechenden Softmenütaste aus (in unserem Beispiel BILDSCHIRMFOTO), um in das Einstellungsmenü zu gelangen.

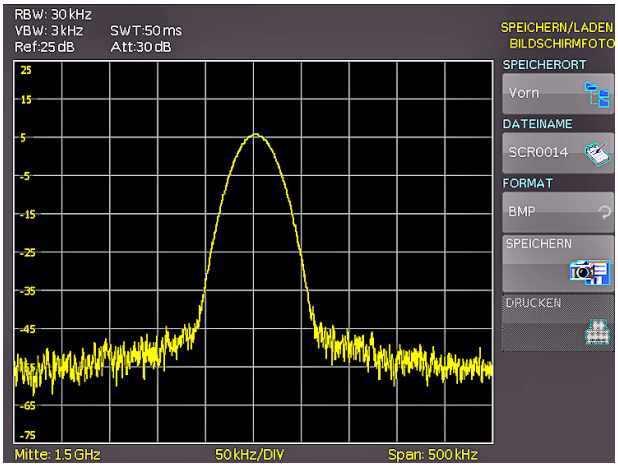


Abb. 6.8: Einstellungsmenü eines Bildschirmfotos

Achten Sie darauf, dass im obersten Menü der SPEICHERORT Vorn steht (durch Druck auf die Softmenütaste öffnet sich ein Menü, in welchem Sie diese Einstellungen gegebenenfalls vornehmen können). Dazu muss ein USB-Stick vorn eingesteckt sein. Sie können der Zieldatei einen Namen mit maximal 7 Buchstaben vorgeben. Dazu wählen Sie den Menüpunkt Dateiname und geben mit Hilfe des Universalknopfes und der Taste CURSOR SELECT den Namen vor (in unserem Beispiel „SCR").

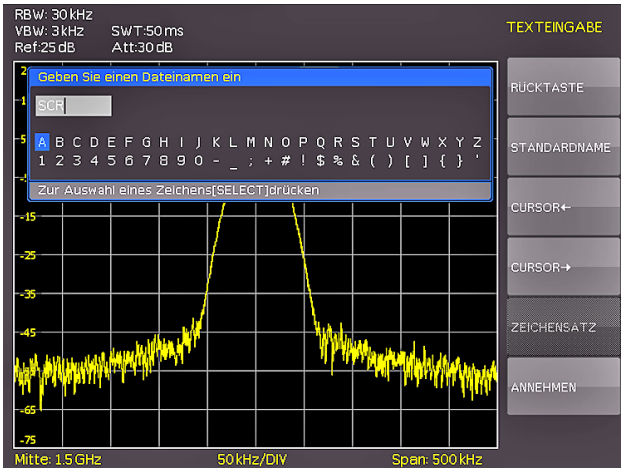

RBW: 30 kHz
VBW: 3 kHz
Ref:25 dB
SWT:50 ms
Att:30 dB
TEXTEINGABE
Geben Sie einen Dateinamen ein
SCR
A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 - _ ; + # ! $ % & ( ) [ ] { } '
Zur Auswahl eines Zeichens[SELECT]drücken
RÜCKTASTE
STANDARDNAME
CURSOR←
CURSOR→
ZEICHENSATZ
ANNEHMEN
Mitte: 1.5 GHz
50 kHz/DIV
Span: 500 kHz

Abb. 6.9: Dateinamenvergabe

Nach Drücken der Softmenütaste neben dem Menüpunkt ANNEHMEN, hat der Spektrumanalysator den Namen übernommen und geht zurück in das Einstellungsmenü. Dort können Sie sofort das aktuelle Bild abspeichern, indem Sie die Softmenütaste SPEICHERN drücken. Sie können auch im Menü eine Ebene zurückgehen (mit der untersten Menu OFF-Taste) und dort den Menüpunkt TASTE FILE PRINT wählen. Im folgenden Menü drücken Sie die Softmenütaste neben BILDSCHIRMFOTO und weisen damit die Funktion Bildschirmausdruck mit den vorgenommenen Einstellungen der Taste FILE/PRINT zu. Nun sind Sie in der Lage, zu jedem Zeitpunkt und aus jedem Menü heraus einen Bildschirmausdruck als Bitmap-Datei auf Ihrem USB-Stick einfach durch Drücken der FILE/PRINT Taste zu generieren.

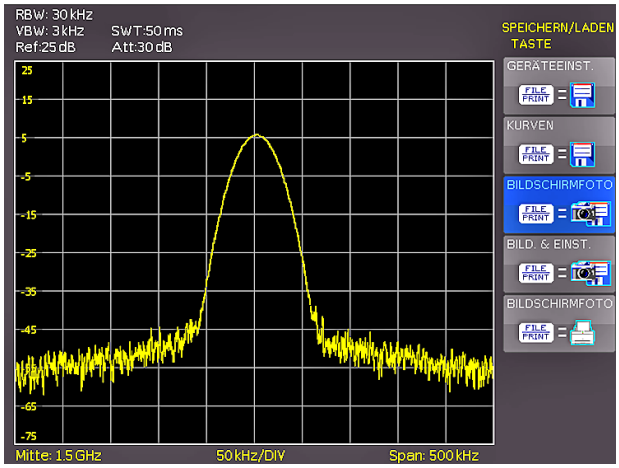


Abb. 6.10: Einstellungen der Taste FILE/PRINT

7 Erweiterte Bedienfunktionen

7.1 Benutzung des Hilfesystems

Die integrierte Hilfe aktivieren Sie durch Druck auf die HELP-Taste im Bereich GENERAL des Bedienfeldes. Es wird ein Fenster mit den Erklärungstexten geöffnet. Jetzt können Sie die Taste oder das Softmenü aufrufen, zu dem oder der Sie Hilfe benötigen. Der Text im Hilfefenster wird dynamisch mit den Beschreibungen der jeweils aufgerufenen Einstellung oder Funktion aktualisiert. Wenn Sie die Hilfe nicht mehr benötigen, schalten Sie diese durch Druck auf die HELP-Taste wieder aus. Damit erlischt die Taste und das Textfenster für die Hilfe wird geschlossen.

7.2 Einstellung des Bildschirms

Durch Drücken der Taste DISPLAY gelangt man ins Einstellmenü des Bildschirms. Hier haben Sie mehrere Einstellungen zur Auswahl:

- **TRACE:** Einstellung der Leuchtintensität (0...100%) des angezeigten Spektrums; durch Druck auf die erste Softmenütaste kann die Verfolgung an- bzw. ausgeschaltet werden

- **BACKLIGHT:** Einstellung der Leuchtintensität (10...100%) des Bildschirmes

- **GRID:** Einstellung der Leuchtintensität (0...100%) der Rasteranzeige; unter dem Softmenüpunkt GRID SETUP können Sie entweder ein Fadenkreuz, Rasterlinien oder kein Raster mit der entsprechenden Softmenütaste auswählen; ebenso kann die Beschriftung des Rasters (SCALA) ein- bzw. ausgeschaltet werden; die Softmenütaste LED HELL. variiert die Helligkeit der LED-Anzeigen zwischen Hell und Dunkel; dies betrifft alle hinterleuchteten Tasten und alle sonstigen Anzeige-LED's auf der Frontseite.

- **TRANSPARENCY:** Einstellung der Transparenz (0...100%) der Rasterbeschriftung

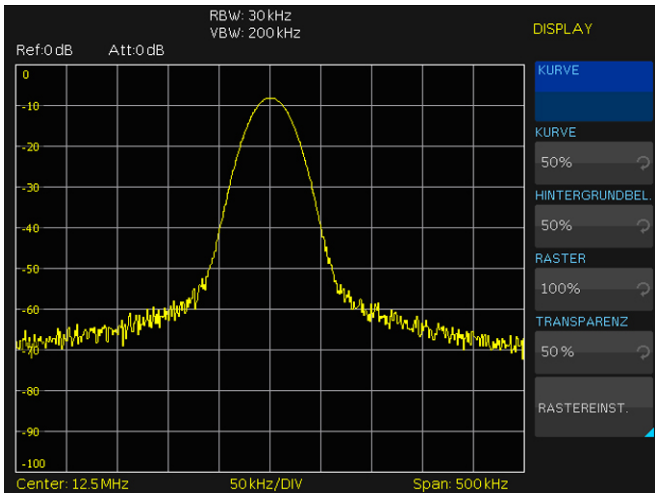


Abb. 7.1: Einstellungsmenü des Bildschirms (DISPLAY)

Ist der jeweilige Softmenüpunkt aktiv, so wird der Hintergrund blau hinterlegt. Die Einstellung der Parameterwerte erfolgt mit dem Drehgeber. Befinden Sie sich in einem Untermenü, so gelangen Sie durch erneutet Druck auf die DISPLAY-Taste eine Ebene zurück.

7.3 Wahl der Gerätegrundeinstellung (PRESET)

Durch Druck auf die Taste PRESET nimmt der Spektrumanalysator die Grundeinstellung an. Damit kann, ausgehend von definierten Messparametern, eine neue Konfiguration eingegeben werden, ohne dass ein Parameter aus einer vorhergehenden Einstellung noch aktiv ist.

Center-Frequenz:	1,5GHz (HMS3000/3010) 500MHz (HMS1000/1010)
Span:	3GHz (HMS3000/3010) 1GHz (HMS1000/1010)

8 Allgemeine Geräteeinstellungen

Wichtige Grundeinstellungen wie die Sprache der Benutzeroberfläche und Hilfe, allgemeine Einstellungen sowie Schnittstelleneinstellungen erreichen Sie in dem Menü, welches sich nach Drücken der SETUP-Taste im Bereich GENERAL des Bedienfeldes öffnet. Durch Druck auf die Softmenütaste MENU OFFgelangt man eine Ebene zurück.

8.1 Spracheinstellung

Die Serie HMS bietet die Menü- bzw. Hilfetexte in vier verschiedenen Sprachen an:

Deutsch, Englisch, Französisch und Spanisch

Durch Druck auf die Softmenütaste LANGUAGE gelangen Sie in die Sprachauswahl. Die jeweilige Sprache ist aktiv, wenn der Menüpunkt blau hinterlegt ist.

8.2 Allgemeine Einstellung

8.2.1 Uhr stellen

Durch Druck auf die Softmenütaste UHR STELLEN gelangt man in das Einstellungsmenü der Uhr bzw. des Datums, welches die Ausgaben auf einen Drucker oder abgespeicherte Datensätze mit einem Datums- und Zeitstempel versieht. Das Datum und die Uhrzeit können durch den Benutzer neu eingestellt werden. Das Datum bzw. die Zeit können Sie mit Hilfe des Drehgebers einstellen. Der jeweilige Softmenüpunkt ist aktiv, wenn dieser blau hinterlegt ist. Mit ÜBERNEHMEN können die Datums- bzw. Zeitparameter übernommen werden.

8.2.2 SOUND

Die Serie HMS bietet die Möglichkeit im Fehlerfall ein Signal auszugeben, welcher unter FEHLERTON ein- bzw. ausgeschaltet werden kann. Der Kontroll- bzw. Fehlerton ist aktiv geschaltet, wenn der entsprechende Menüpunkt blau hinterlegt ist.

8.2.3 Gerätename

In diesem Menüpunkt kann ein Gerätename vergeben werden. Durch Druck auf die Softmenütaste erscheint ein Tastenfeld. Mit Hilfe des Drehgebers können die Buchstaben ausgewählt werden. Die Bestätigung des jeweiligen Buchstabens erfolgt mit Hilfe der ENTER-Taste (Vorgehensweise siehe Kap. 6.4.1).

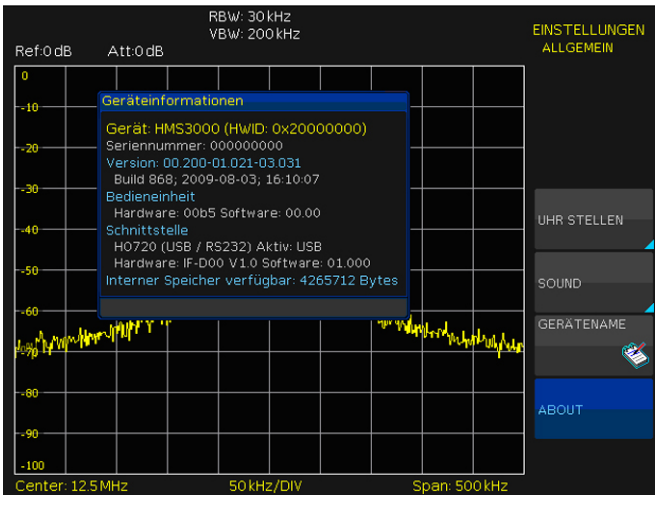


Abb. 8.1: Geräteinformationen

8.2.4 About

Über diesen Softmenüpunkt können Sie die Geräteinformationen, wie z.B Seriennummer, Software-Version etc., abrufen.

8.3 Schnittstellen-Einstellung

Unter diesem Softmenüpunkt können die Settings für:

- die Dualschnittstelle HO720 USB/RS-232 (Baudrate, Anzahl der Stopp-Bits, Parity, Handshake On/Off),
- LAN- Interface HO730 (IP Adresse, Sub Net Mask etc. siehe Bedienungsanleitung HO730) und
- die IEEE-488 GPIB Schnittstelle HO740 (GPIB-Adresse)

eingestellt werden. Die entsprechende Schnittstelle, die zur Kommunikation genutzt werden will, wird mit der entsprechenden Softmenütaste ausgewählt. Die benötigten Schnittstellenparameter werden unter dem Softmenüpunkt PARAMETER eingestellt.

8.4 Drucker-Einstellung

Die Serie HMS unterstützt die Ausgabe des Bildschirminhalts auf einen angeschlossenen Drucker. Unterstützt werden USB-Drucker mit Postscript.

8.5 Update (Firmware / Hilfe)

Sie können sich die aktuelle Firmware unter www.hameg.com herunterladen. Die Firmware ist in eine ZIP-Datei gepackt. Wenn Sie die ZIP-Datei heruntergeladen haben, entpacken Sie diese auf einen USB Stick (siehe 6.1 USB-Anschluss) in dessen Basisverzeichnis. Anschließend verbinden Sie den Stick mit dem USB Port am Spektrumanalysator und drücken die Taste SETUP im GENERAL-Bedienfeldabschnitt. In dem Menü wählen Sie mit der entsprechenden Softmenütaste UPDATE aus. Nach Anwahl dieses Menüpunktes öffnet sich ein Fenster, in welchem die aktuell installierte Firmwareversion mit Angabe der Versionsnummer, des Datums und der Buildinformation angezeigt wird.

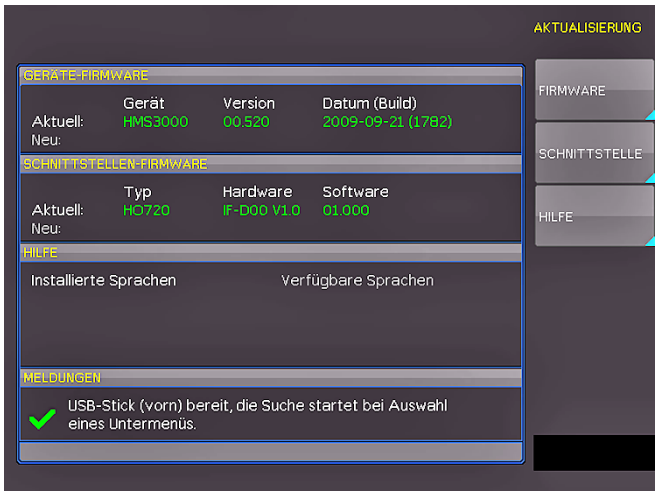


Abb. 8.2: Aktualisierungsmenü Firmware

Nun wählen Sie, welche Aktualisierung Sie vornehmen möchten, die Firmware oder die Hilfe. Wenn beides aktualisiert werden soll, so empfiehlt es sich, zuerst die Firmware auf den neuesten Stand zu bringen. Nachdem Sie mit der Softmenütaste die Firmwareaktualisierung gewählt haben, wird die entsprechende Datei auf dem Stick gesucht und die Informationen der neu zu installierenden Firmware auf dem Stick unter der Zeile NEU: angezeigt. Sollte Ihre Firmware auf dem Gerät der aktuellsten Version entsprechen, so wird die Versionsnummer rot angezeigt, ansonsten erscheint die Versionsnummer grün. Nur in diesem Falle sollten Sie die Aktualisierung durch Drücken der Softmenütaste AUSFÜHREN starten. Wenn Sie die Hilfe aktualisieren oder eine zusätzliche Hilfesprache hinzufügen möchten, so wählen Sie HILFE in dem Aktualisierungsmenü. Nun werden im Informationsfenster neben den installierten Sprachen mit der Datumsinformation die entsprechenden Informationen zu den verfügbaren Sprachen auf dem Stick angezeigt. Mit dem Softmenü lassen sich Sprachen hinzufügen, entfernen oder aktualisieren. Bitte beachten Sie das Datumsformat (JJJJ-MM-TT), welches bei der mehrsprachigen Hilfe der ISO Norm 8601 folgt.

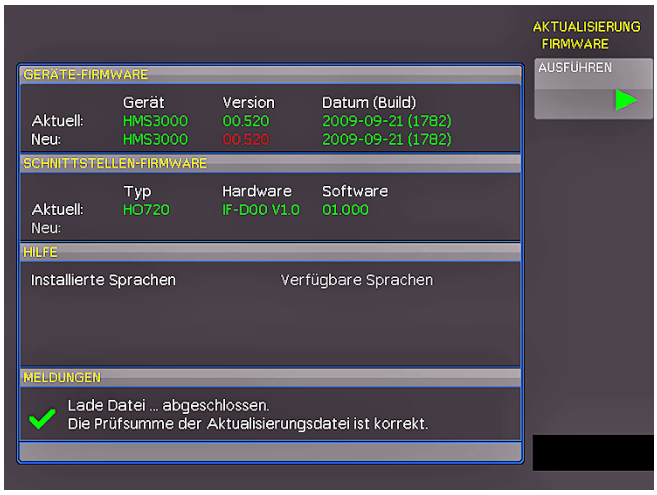


Abb. 8.3: Informationsfenster Hilfe-Update

9 Optionales Zubehör

9.1 Freischaltung des Preamplifiers HO3011

Der Preamplifier für die Serie HMS (DANL -135dBm typ. / 100 RBW) wird im Setup-Menü unter dem Softmenüpunkt UPDATE freigeschaltet. Die Vorgehensweise des Updates erfahren Sie in Kap. 8.5 (gleiche Vorgehensweise wie bei einem Firmware-Update). Dieses optionale Zubehör ist nicht im Lieferumfang enthalten und kann zusätzlich erworben werden.

9.2 19“ Einbausatz 4HE HZ46

Zum Einsatz in Rack-Systeme bietet HAMEG einen Einbausatz für die Spektrumanalysatoren an. Technische Details und Einbaubeschreibung finden Sie in dem Manual HZ46 auf http://www.hameg.com/downloads.

9.3 Aufbewahrungstasche HZ99

Die Transporttasche HZ99 dient dem Schutz Ihres Spektrumanalysators und ist ab Lager lieferbar.

Abb. 9.1: Aufbewahrungstasche HZ99

9.4 Nahfeldsondensatz HZ530/HZ540

Die Sonden haben je nach Typ eine Bandbreite von 100kHz bis 1GHz bzw. < 1MHz bis 3GHz. Sie sind in modernster Technologie aufgebaut, und GaAs-FET sowie monolitische integrierte Mikrowellen Schaltungen (MMIC) sorgen für Rauscharmut, hohe Verstärkung und Empfindlichkeit. Der Anschluß der Sonden an Spektrumanalysator, Meßempfänger oder Oszilloskop erfolgt über ein BNC-Koaxial bzw. SMA/N-Kabel. Die in den Sonden schon eingebauten Vorverstärker (Verstärkung ca. 30dB) erübrigen den Einsatz von externen Zusatzgeräten. Die Sonden werden entweder durch einsetzbare Batterien/Akkus betrieben (HZ530) oder können direkt aus dem HAMEG Spektrumanalysator mit Spannung versorgt werden (HZ540). Die schlanke Bauform erlaubt guten Zugang zur prüfenden Schaltung auch in beengter Prüfumgebung.

Der HZ530- oder HZ540-Sondensatz besteht aus drei aktiven Breitbandsonden für die EMV-Diagnose bei der Entwicklung elektronischer Baugruppen und Geräte auf Laborebene. Er enthält eine aktive Magnetfeldsonde (H-Feld-Sonde), einen aktiven E-Feld-Monopol und eine aktive Hochimpedanzsonde. Technische Daten finden Sie in dem Manual HZ530 oder HZ540 auf http://www.hameg.com/downloads.

9.5 Spektrumsmessungen mit angeschlossener VSWR-Messbrücke HZ547 (HMS1010/3010)

Abb. 9.2: VSWR-Messbrücke HZ547 für HMS1010/3010

Zur Bestimmung des Stehwellenverhältnisses (VSWR = Voltage Standing Wave Ratio) und des Reflexionsfaktors (Reflection Coefficient) von Messobjekten mit einer Impedanz von 50Ω kann die optional erhältliche HAMEG Messbrücke HZ547 verwendet werden. Typische Messobjekte sind z.B. Dämpfungsglieder, Abschlusswiderstände, Frequenzweichen, Verstärker, Kabel oder Mischer. Der Messbereich ist von 150kHz...1GHz bzw. 100kHz...3GHz (HMS3010) spezifiziert. Technische Daten und den Messaufbau finden Sie in dem Manual HZ547 auf http://www.hameg.com.

9.6 Transient Limiter HZ560

Der Transient Limiter HZ560 dient zum Schutz des Eingangskreises von Spektrumanalysatoren und Messempfängern, insbesondere bei Verwendung einer Netznachbildung (z.B. HM6050). Technische Daten finden Sie in dem Manual HZ560 auf http://www.hameg.com/downloads.

9.7 75/50-Ω-Konverter HZ575

Der Konverter HZ575 wird benutzt, um mit einem Spektrumanalysator, der einen 50-Ω-Eingang besitzt, an einem 75-Ω-System angepasst messen zu können. Der 75-Ω-Eingang ist AC-gekoppelt, der 50-Ω-Output ist DC-gekoppelt. Der Invers-Betrieb ist ebenfalls möglich. Man kann mit einem HF-Generator, der einen 50-Ω-Ausgang besitzt, in den Konverter auf der N-Seite einspeisen. Technische Daten finden Sie in dem Manual HZ575 auf http://www.hameg.com/downloads.

10 Anschlüsse an der Gerätevorderseite

10.1 USB-Anschluss

Über den USB-Anschluss an der Fronseite des Gerätes können Sie mittels eines FAT oder FAT32 formatierten USB-Massenspeichers ein Software-Update der HMS Firmware durchführen. Eine genaue Beschreibung des Firmware-Updates finden Sie unter Kap. 8.5..

10.2 PHONE-Buchse

Das dieser Buchse entnehmbare Signal kommt von einem AM-Demodulator und erleichter z.B. bei EMV-Voruntersuchungen die Identifizierung eines Störers. Wird am Eingang des Spektrumanalysators eine Antenne angeschlossen, so kann im Receiver-Mode (siehe Kap. 5.9) mit der Mittenfrequenzeinstellung CENTER auf einen Sender abgestimmt werden (die Demodulation muss hierbei eingeschaltet sein). Hierbei sind u.U. länderspezifische, gesetzliche Bestimmungen zu beachten.

10.3 PROBE POWER

Dieser Anschluss kann als Stromversorgung (6 V_{DC}) von z.B. HAMEG-Sonden genutzt werden. Der Pluspol liegt am Innenanschluss, max. dürfen 100 mA entnommen werden. Der Außenanschluss ist mit dem Gehäuse (Messbezugspotential) und darüber mit Schutzerde (PE) verbunden.

10.4 EXTERNAL TRIGGER

Die Eingangsbuchse für externe Trigger wird zur Steuerung der Messung mittels eines externen Signals benutzt. Als Spannungspegel werden TTL-Pegel benutzt.

10.5 OUTPUT 50Ω (Tracking Generator)

Der Ausgang des Mitlaufgenerators (nur die Geräte HMS1010 und HMS3010) ist über ein Kabel mit N-Stecker an das Messobjekt anzuschließen. Ein Testsignal mit einem Spektrum von 5 MHz bis 1 GHz bzw. 3 GHz ist verfügbar.

10.6 INPUT 50Ω

Ohne Eingangssignal-Abschwächung dürfen ±25 V_{DC} nicht überschritten werden. Mit Eingangsabschwächung 10 bis 50 dB sind max. +20 dBm zulässig. Der Außenanschluss der Buchse ist mit dem Gehäuse und damit mit Schutzerde verbunden. Überschreiten der Grenzwerte kann zur Zerstörung der Eingangsstufe führen.

11 Anschlüsse an der Geräterückseite

11.1 USB-Anschluss

Die fest eingebaute USB-Schnittstelle an der Rückseite kann für einen USB-Drucker verwendet werden (siehe Kap. 8.4).

11.2 DVI-Anschluss

Auf der Rückseite des Spektrumanalysators befindet sich die standardmäßige DVI Buchse zum Anschluss externer Monitore und Projektoren.

11.3 REF IN / REF OUT

Zur weiteren Erhöhung der Frequenzstabilität kann der interne Oszillator der Serie HMS durch einen externen Oszillator ersetzt werden. Dieser wird an die auf der Geräterückseite befindliche Buchse für die externe Referenz [10 MHz REF IN/ REF OUT] angeschlossen. Die externe Referenzfrequenz muss dazu den im Datenblatt vorgegebenen Spezifikationen für Frequenzgenauigkeit und Amplitude entsprechen.

Die Umschaltung zwischen interner und externer Referenzfrequenz kann über die Taste SETUP mit der Softmenütaste REF. FREQUENZ (extern/intern) erfolgen.

12 Remote Betrieb

Die HMS-Serie ist standardmäßig mit einer HO720 USB/RS-232 Schnittstelle ausgerüstet. Die Treiber für diese Schnittstelle finden sie sowohl auf der dem Spektrumanalysator beigelegten Produkt-CD, als auch auf http://www.hameg.com.

Um eine erste Kommunikation herzustellen, benötigen Sie ein serielles Kabel (1:1) und ein beliebiges Terminal Programm wie z.B. Windows HyperTerminal, das bei jedem Windows Betriebssystem (außer Windows Vista) enthalten ist. Eine detaillierte Anleitung zur Herstellung der ersten Verbindung mittels Windows HyperTerminal finden sie in unserer Knowledge Base unter http://www.hameg.com/hyperterminal.

Zur externen Steuerung verwendetet die Serie HMS die Skriptsprache SCPI (= Standard Commands for Programmable Instruments). Mittels der mitgelieferten USB/RS-232 Dual-Schnittstelle (optional Ethernet/USB oder IEEE-488 GPIB) haben Sie die Möglichkeit, Ihr HAMEG-Gerät extern über eine Remote-Verbindung (Fernsteuerung) zu steuern. Dabei haben sie auf nahezu alle Funktionen Zugriff, die Ihnen auch im manuellen Betrieb über das Front-Panel zur Verfügung stehen. Ein Dokument mit einer detaillierten Auflistung der unterstützten SCPI-Kommandos ist unter http://www.hameg.com als PDF zum Download verfügbar.

12 Anhang

Abbildungsverzeichnis

Abb. 3.1: Frequenz-Auswahlmenü 10
Abb. 3.2: Messfunktionen mit bis zu 8 Markern 10

Abb. 4.1: Numerische Tastatur mit Einheiten und Bearbeitungstasten 10

Abb. 5.1: Sinussignal moduliertes HF-Signal und das entsprechende Videosignal im Zeitbereich. 12
Abb. 5.2: Auswahlmöglichkeiten RBW 12
Abb. 5.3: Anzeige einer Mess- und gespeicherten Referenzkurve 13

Abb. 6.1: Basismenü für Geräteeinstellungen 14
Abb. 6.2: Geräteeinstellungen speichern 14
Abb. 6.3: Geräteeinstellungen laden 15
Abb. 6.4: IMPORT / EXPORT Menü für Geräteeinstellungen 15
Abb. 6.5: Menü zum Abspeichern von Kurven 15
Abb. 6.6: Bildschirmfoto-Menü 16
Abb. 6.7: Speichern und Laden Menü 16
Abb. 6.8: Einstellungsmenü eines Bildschirmfotos 16
Abb. 6.9: Dateinamenvergabe 16
Abb. 6.10: Einstellungen der Taste FILE/PRINT 17

Abb. 7.1: Einstellungsmenü des Bildschirms (DISPLAY) 17

Abb. 8.1: Geräteinformationen 18
Abb. 8.2: Aktualisierungsmenü Firmware 19
Abb. 8.3: Informationsfenster Hilfe-Update 19

Abb. 9.1: Aufbewahrungstasche HZ99 20
Abb. 9.2: VSWR-Messbrücke HZ547 für HMS1010/3010 20

CE

Hersteller / Manufacturer / Fabricant: HAMEG Instruments GmbH, Industriestraße 6, D-63533 Mainhausen

KONFORMITÄTSERKLÄRUNG
DECLARATION OF CONFORMITY
DECLARATION DE CONFORMITE

HAMEG Instruments

Die HAMEG Instruments GmbH bescheinigt die Konformität für das Produkt
The HAMEG Instruments GmbH herewith declares conformity of the product
HAMEG Instruments GmbH déclare la conformite du produit

Bezeichnung / Product name / Designation:
Spektrumanalysator
Spectrum Analyzer
Analyseur de spectre

Typ / Type / Type: HMS1000 / HMS1010 / HMS3000 / HMS3010

mit / with / avec: HO720, HZ21

Optionen / Options / Options: HO730, HO740

mit den folgenden Bestimmungen / with applicable regulations / avec les directives suivantes

EMV Richtlinie 89/336/EWG ergänzt durch 91/263/EWG, 92/31/EWG
EMC Directive 89/336/EEC amended by 91/263/EWG, 92/31/EEC
Directive EMC 89/336/CEE amendée par 91/263/EWG, 92/31/CEE

Niederspannungsrichtlinie 73/23/EWG ergänzt durch 93/68/EWG
Low-Voltage Equipment Directive 73/23/EEC amended by 93/68/EEC
Directive des equipements basse tension 73/23/CEE amendée par 93/68/CEE

Angewendete harmonisierte Normen / Harmonized standards applied / Normes harmonisées utilisées:

Sicherheit / Safety / Sécurité: EN 61010-1:2001 (IEC 61010-1:2001)

Messkategorie / Measuring category / Catégorie de mesure: I
Überspannungskategorie / Overvoltage category / Catégorie de surtension: II
Verschmutzungsgrad / Degree of pollution / Degré de pollution: 2

Elektromagnetische Verträglichkeit / Electromagnetic compatibility / Compatibilité électromagnétique

EN 61326-1/A1 Störaussendung / Radiation / Emission:
Tabelle / table / tableau 4; Klasse / Class / Classe B.

Störfestigkeit / Immunity / Imunitée: Tabelle / table / tableau A1.

EN 61000-3-2/A14 Oberschwingungsströme / Harmonic current emissions / Émissions de courant harmonique:
Klasse / Class / Classe D.

EN 61000-3-3 Spannungsschwankungen u. Flicker / Voltage fluctuations and flicker / Fluctuations de tension et du flicker.

Datum / Date / Date
1. 10. 2009

Unterschrift / Signature /Signatur

Holger Asmussen
Manager

General information concerning the CE marking

HAMEG instruments fulfill the regulations of the EMC directive. The conformity test made by HAMEG is based on the actual generic- and product standards. In cases where different limit values are applicable, HAMEG applies the severer standard. For emission the limits for residential, commercial and light industry are applied. Regarding the immunity (susceptibility) the limits for industrial environment have been used.

The measuring- and data lines of the instrument have much influence on emission and immunity and therefore on meeting the acceptance limits. For different applications the lines and/or cables used may be different. For measurement operation the following hints and conditions regarding emission and immunity should be observed:

1. Data cables

For the connection between instruments resp. their interfaces and external devices, (computer, printer etc.) sufficiently screened cables must be used. Without a special instruction in the manual for a reduced cable length, the maximum cable length of a dataline must be less than 3 meters and not be used outside buildings. If an interface has several connectors only one connector must have a connection to a cable.

Basically interconnections must have a double screening. For IEEE-bus purposes the double screened cable HZ72 from HAMEG is suitable.

2. Signal cables

Basically test leads for signal interconnection between test point and instrument should be as short as possible. Without instruction in the manual for a shorter length, signal lines must be less than 3 meters and not be used outside buildings.

Signal lines must screened (coaxial cable - RG58/U). A proper ground connection is required. In combination with signal generators double screened cables (RG223/U, RG214/U) must be used.

3. Influence on measuring instruments

Under the presence of strong high frequency electric or magnetic fields, even with careful setup of the measuring equipment an influence of such signals is unavoidable.

This will not cause damage or put the instrument out of operation. Small deviations of the measuring value (reading) exceeding the instruments specifications may result from such conditions in individual cases.

4. Noise immunity of spectrum analyzers

In the presence of strong electric or magnetic fields it is possible that they may become visible together with the signal to be measured. The methods of intrusion are many: via the mains, via the signal leads, via control or interface leads or by direct radiation. Although the spectrum analyzer has a metal housing there is the large CRT opening in the front panel where it is vulnerable. Parasitic signals may, however, also intrude into the measuring object itself and from there propagate into the spectrum analyzer.

HAMEG Instruments GmbH

Deutsch 3

English

General information concerning the CE marking 24

Spectrum Analyzer: Series HMS 26

Specifications 27

1 Installation and safety instructions 28
1.1 Setting up the instrument 28
1.2 Safety 28
1.3 Correct operation 28
1.4 Ambient conditions 28
1.5 Warranty and repair 29
1.6 Maintenance 29
1.7 CAT I 29
1.8 Mains voltage 29

2 Controls and display 30

3 Short description of the series HMS 32

4 Setting of parameters 32
4.1 Numerical keyboard 32
4.2 Knob 32
4.3 Arrow buttons 32
4.4 Interactive softkeys 33
4.5 How to enter numerical values 33

5 Instrument functions 33
5.1 Setting of the frequency (FREQ) 33
5.2 Frequency range displayed (SPAN) 33
5.3 Setting of the amplitude parameters (AMPL) 33
5.4 Setting of the bandwidth (BANDW) 33
5.5 Setting of the SWEEP 34
5.6 Curve display settings (TRACE) 34
5.7 The use of markers 35
5.8 Peak-Search 35
5.9 Operation in the Receiver-Mode 35

6 Store and recall instrument settings 36
6.1 Instrument settings 36
6.2 Reference signals 36
6.3 Waveforms 37
6.4 Screenshots 37

7 Extended operating modes 39
7.1 Using the help function 39
7.2 Display settings 39

8 General instrument settings 39
8.1 Language settings 39
8.2 Basic settings 39
8.3 Interface settings 40
8.4 Printer settings 40
8.5 Update (Firmware / Hilfe) 40

9 Optional Accessories 40
9.1 Activation of the Preamplifier HO3011 40
9.2 19'' Rack mount kit 4HE HZ46 40
9.3 Carrying case HZ99 40
9.4 Near field probe HZ530/HZ540 41
9.5 Measurements of spectra with a HMS3010 and a VSWR bridge HZ547 41
9.6 Transient Limiter HZ560 41
9.7 75/50-Ω-Converter HZ575 41

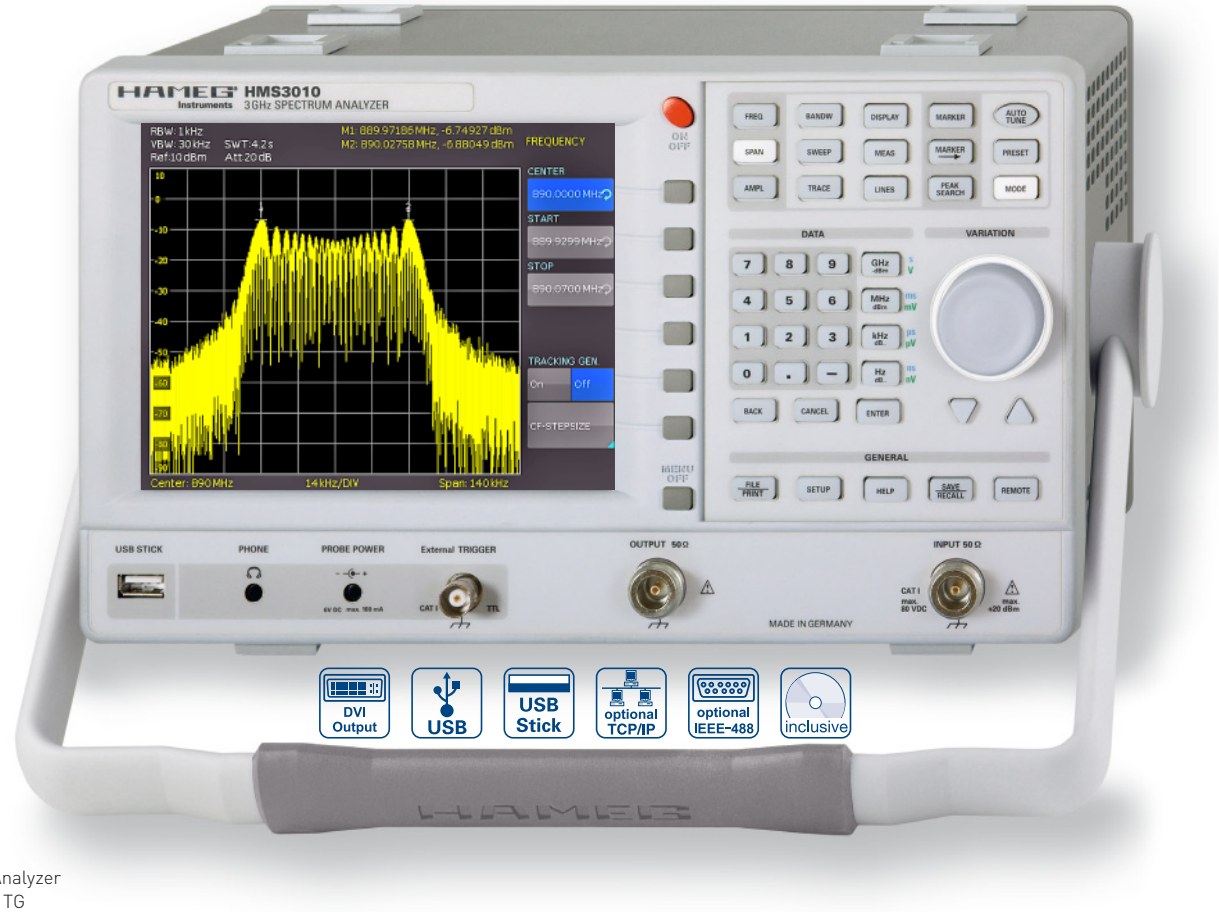
10 Front panel connections 41
10.1 USB connector 41
10.2 PHONE 41
10.3 PROBE POWER 41
10.4 EXTERNAL TRIGGER 41
10.5 OUTPUT 50Ω (Tracking Generator) 41
10.6 INPUT 50Ω 41

11 Rear panel connections 42
11.1 USB connector 42
11.2 DVI connector 42
11.3 REF IN / REF OUT 42

12 Remote Control 42

13 Appendix 42

1GHz [3GHz] Spectrum Analyzer
HMS1000 [HMS3000]



3GHZ Spectrum Analyzer
HMS3000 without TG

3GHz EMI Near Field Probe
Set HZ550L

VSWR Test Unit HZ547

- ☑ Frequency range 100kHz...1 GHz [3 GHz]
- ☑ Amplitude measurement range -114dBm...+20dBm
  DANL - 125 dBm [DANL - 135 dBm] with Preamp. Option HO3011
- ☑ Sweep time 20ms...1000s
- ☑ Resolution bandwidth 1 kHz [100 Hz]...1MHz in 1-3 steps,
  200kHz (-3dB) additional [200 Hz], 9kHz, 120kHz, 1MHz (-6dB)
- ☑ Spectral purity ‹ -100dBc/Hz (@100kHz)
- ☑ Video bandwidth 10Hz...1MHz in 1-3 steps
- ☑ Tracking Generator HMS1010 [HMS3010] -20dBm/0dBm
- ☑ Integrated AM and FM demodulator (int. speaker)
- ☑ Detectors: Auto-, min-, max-peak, sample, RMS, quasi-peak
- ☑ 8 Marker with delta marker, miscellaneous peak functions
- ☑ Crisp 16.5cm (6.5") TFT VGA display, LED backlight, DVI output
- ☑ 3 x USB for mass-storage, printer and remote control
  optional IEEE-488 (GPIB) or Ethernet/USB Interface

1GHz Spectrum Analyzer HMS1000, HMS1010 (with TG)
3GHz Spectrum Analyzer HMS3000, HMS3010 (with TG)

All data valid at 23 °C after 30 minute warm-up

Frequency

Frequency range:	
HMS1000, HMS1010	100kHz...1GHz
HMS3000, HMS3010	100kHz...3GHz
Temperature stability:	± 2ppm (0...30°C)
Aging:	± 1ppm/year
Frequency counter (from SW 2.0)**:**	
Resolution	1Hz
Accuracy	± (Frequency x tolerance of reference)
Span setting range:	
HMS1000, HMS1010	0Hz (zero span) and 1kHz...1GHz
HMS3000, HMS3010	0Hz (zero span) and 100Hz...3GHz
Spectral purity, SSB phase noise:	
30kHz from carrier (500MHz, +20°C...30°C)	‹-85dBc/Hz
100kHz from carrier (500MHz, +20°C...30°C)	‹-100dBc/Hz
1MHz from carrier (500MHz, +20°C...30°C)	‹-120dBc/Hz
Sweep time:	
Span = 0Hz	20ms...100s
Span › 0Hz	20ms...1000s, min. 20ms/600MHz
Resolution bandwidths (-3 dB)**:**	
HMS1000, HMS1010	1kHz...1MHz in 1–3 steps, 200kHz
HMS3000, HMS3010	100Hz...1MHz in 1–3 steps, 200kHz
Tolerance:	
≤ 300kHz	± 5% typ.
1MHz	± 10% typ.
Resolution bandwidths (-6 dB)**:**	
HMS1000, HMS1010	9kHz, 120kHz,1MHz
HMS3000, HMS3010	200Hz, 9kHz, 120kHz, 1MHz
Video bandwidths:	10Hz...1MHz in 1–3 steps

Amplitude

Display range:	Average noise level displayed up to +20 dBm
Amplitude measurement range:	Typ. -114dBm...+20dBm
Max. permissible DC at HF input:	80V
Max. power at HF input:	20dBm, 30dBm for max. 3 Min.
Intermodulation free range:	
IM3 products, 2 x –20dBm (-10dBm ref. level)	66dB typ. (typ. +13dBm third-order intercept)
(at distance between signals ≤ 2MHz)	60dB typ. (+10dBm TOI)
(at distance between signals › 2MHz)	66dB typ. (typ. +13dBm TOI)
DANL (Displayed average noise level):	
(RBW 1kHz, VBW 10Hz, ref. level ≤ –30dBm 10MHz...1GHz resp. 3GHz)	-105dBm, typ. -114dBm
With Preamp.	-135dBm typ. (100Hz RBW)
Inherent spurious:	
(ref. level ≤ -20dBm, f ‹ 30MHz, RBW ≤ 100kHz)	‹ -80dBm
Input related spurious:	
(Mixer level ≤ -40dBm, carrier offset › 1MHz)	-70dBc typ., -55dBc (2...3GHz)
2nd harmonic receive frequency	
(mixer level -40dBm):	-60dBc typ.
Level display:	
Reference level	-80dBm...+20dBm in 1dB steps
Display range	100dB, 50dB, 20dB, 10dB, linear
Logarithmic display scaling	dBm, dBµV, dBmV
Linear display scaling	µV, mV, V, nW, µW, mW, W
Measured curves:	1 curve and 1 memory curve
Trace mathematics:	A-B (curve-stored curve), B-A
Detectors:	Auto-, Min-, Max-Peak, Sample, RMS, Average, Quasi-Peak
Failure of level display: (ref. level to ref. level-50dB, 20°C...30°C)	‹ 1,5dB, typ. 0,5dB

Marker / Deltamarker

Number of marker:	8
Marker functions:	Peak, next peak, minimum, center = marker, frequency, reference level = marker level, all marker on peak
Marker displays:	Normal (level), noise marker, (frequency) counter (from SW 2.0)

Inputs / Outputs

HF Input	N socket
Input Impedance:	50Ω
VSWR (10MHz...1GHz/3GHz)**:**	‹ 1,5 typ.
Output tracking generator:	
(HMS1010/HMS3010)	N socket
Output Impedance:	50Ω
Frequency range:	5MHz...1GHz/3GHz
Output level:	-20dBm/0dBm
Trigger and external reference input:	BNC female, selectable
Trigger voltage	TTL
Reference frequency	10MHz
Essential level (50Ω)	10dBm
Supply output for field probes:	6VDC, max. 100mA (2,5mm DIN jack)
Audio output (Phone):	3,5mm DIN jack
Demodulation	AM and FM (internal speaker)

Miscellaneous

Display:	6,5" TFT Color VGA Display
Save / Recall memory:	10 complete device settings
Trigger:	Free run, Video Trigger (from SW 2.0), external Trigger
Interfaces:	Dual-Interface USB/RS-232 (HO720), USB-Stick (frontside), USB-Printer (rear side) from SW 2.0, DVI-D for ext. monitor
Power supply:	105...253 V, 50/60 Hz, CAT II
Power consumption:	Max. 40Watt at 230V, 50 Hz
Protection class:	Safety class I (EN61010-1)
Operating temperature:	+5°C...+40°C
Storage temperature:	-20°C...+70°C
Rel. humidity:	5%...80% (non condensing)
Dimensions (W x H x D)**:**	285 x 175 x 220 mm
Weight:	3.6 kg

Accessories supplied:
Line cord, Operating manual, Dual-Interface USB/RS-232 (HO720), CD, HZ21 Adapter plug (N plug to BNC socket)

Optional accessories:

HO3011	Preamplifier -135dBm DANL (100Hz RBW)
HO730	Dual-Interface Ethernet/USB
HO740	Interface IEEE-488 (GPIB), galvanically isolated
HZ547	3GHz VSWR Test Unit for HMS1010, HMS3010
HZ520	Plug-in Antenna with BNC connection
HZ530	Near-Field Probe Set 1GHz for EMV diagnostics
HZ540	Near-Field Probe Set 3GHz for EMV diagnostics
HZ560	Transient limiter
HZ575	75/50Ω Converter
HZ46	4RU 19" Rackmount Kit

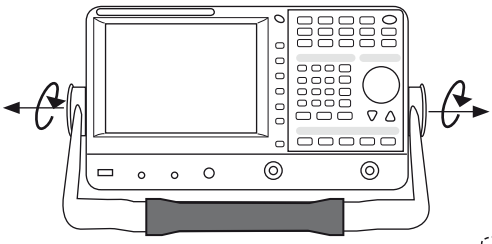
1 Installation and safety instructions

1.1 Setting up the instrument

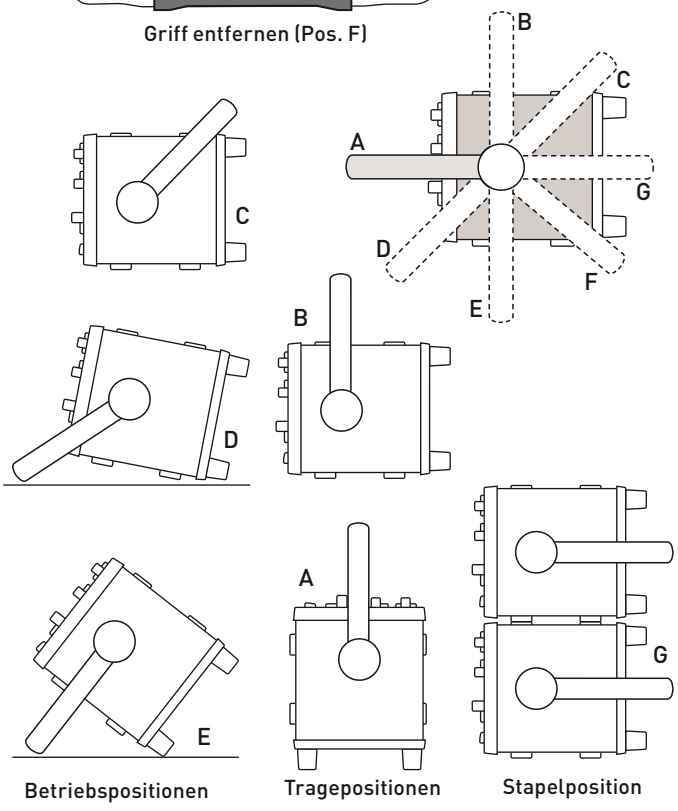
As can be seen from the fi gures, the handle can be set into different positions:

A and B = carrying
C = horizontal operating
D and E = operating at different angles
F = handle removal
G = operating using the feet's, batch use and for shipping in original packaging

Attention!
When changing the handle position, the instrument must be placed so that it cannot fall (e.g. placed on a table). Then the handle locking knobs must be simultaneously pulled outwards and rotated to the required position. Without pulling the locking knobs they will latch in into the next locking position.



Griff entfernen (Pos. F)



Betriebspositionen | Tragepositionen | Stapelposition

Gerätepositionen

Removal/fitting of the handle: The handle can be removed in position F, pulling the side parts outside the housing. Adding the handle works vice versa.

1.2 Safety

The instrument fulfi ls the VDE 0411 part 1 regulations for electrical measuring, control and laboratory instruments and was manufactured and tested accordingly. It left the factory in perfect safe condition. Hence it also corresponds to European Standard EN 61010-1 and International Standard IEC 1010-1. In order to maintain this condition and to ensure safe operation the user is required to observe the warnings and other directions for use in this manual. Housing, chassis as well as all measuring terminals are connected to safety ground of the mains. All accessible metal parts were tested against the mains with 2200 VDC. The instrument conforms to safety class I. The oscilloscope may only be operated from mains outlets with a safety ground connector. The mains plug has to be installed prior to connecting any signals. It is prohibited to separate the safety ground connection. If suspected that safe operation may not be guaranteed do not use the instrument any more and lock it away in a secure place.

Safe operation may be endangered if any of the following was noticed:

– in case of visible damage.
– in case loose parts were noticed
– if it does not function any more.
– after prolonged storage under unfavourable conditions (e.g. like in the open or in moist atmosphere).
– after any improper transport (e.g. insuffi cient packing not conforming to the minimum standards of post, rail or transport firm)

1.3 Correct operation

Please note: This instrument is only destined for use by personnel well instructed and familiar with the dangers of electrical measurements. For safety reasons the oscilloscope may only be operated from mains outlets with safety ground connector. It is prohibited to separate the safety ground connection. The plug must be inserted prior to connecting any signals. The oscilloscope is destined for operation in industrial, business, manufacturing, and domestic sites.

1.4 Ambient conditions

Operating ambient temperature: +5 °C to +40 °C. During transport or storage the temperature may be –20 °C to +70°C. Please note that after exposure to such temperatures or in case of condensation, proper time must be allowed until the instrument has reached the permissible temperature, and until the condensation has evaporated before it may be turned on! Ordinarily this will be the case after 2 hours. The oscilloscope is destined for use in clean and dry environments. Do not operate in dusty or chemically aggressive atmosphere or if there is danger of explosion. The any operating position may be used, however, sufficient ventilation must be ensured. Prolonged operation requires the horizontal or inclined position.

Do not obstruct the ventilation holes!

Specifi cations are valid after a 30 minute warm-up period at 23 degr. C (tolerance ±2 degr. C). Specifi cations without tolerances are average values.

1.5 Warranty and repair

HAMEG instruments are subjected to a strict quality control. Prior to leaving the factory, each instrument is burnt in for 10 hours. By intermittent operation during this period almost all defects are detected. Following the burn in, each instrument is tested for function and quality, the specifi cations are checkedin all operating modes; the test gear is calibrated to national standards.

The warranty standards applicable are those of the country in which the instrument was sold. Reclamations should be directed to the dealer.

Only valid in EU countries:
In order to speed claims, customers in EU countries may also contact HAMEG directly. Also, after the warranty expired, the HAMEG service will be at your disposal for any repairs.

Return Material Authorization (RMA):
Prior to returning an instrument to HAMEG, ask for a RMA number either by internet (http://www.hameg.com) or fax (+49 (0) 6182 800 501). If you do not have an original shipping carton, you may obtain one by calling the HAMEG service dept (+49 (0) 6182 800 500) or by sending an email to service@hameg.com.

1.6 Maintenance

Clean the outer case using a dust brush at regular intervals. Dirt can be removed from housing, handle, all metal and plastic parts using a cloth moistened with water and 1 % detergent. Greasy dirt may be removed with benzene (petroleum ether) or alcohol. Thereafter wipe the surfaces with a dry cloth. Plastic parts should be treated with a suitable antistatic solution. No fluid may enter the instrument. Do not use other cleansing agents as they may adversely affect the plastic or lacquered surfaces.

1.7 CAT I

This oscilloscope is destined for measurements in circuits not connected to the mains or only indirectly. Direct measurements, i.e. with a galvanic connection to circuits corresponding to the categories II, III, or IV are prohibited! The measuring circuits are considered not connected to the mains if a suitable isolation transformer fulfi lling safety class II is used. Measurements on the mains are also possible if suitable probes like current probes are used which fulfi ll the safety class II. The measurement category of such probes must be checked and observed. The measurement categories were derived corresponding to the distance from the power station and the transients hence to be expected. Transients are short, very fast voltage or current excursions which may be periodic or not.

1.8 Mains voltage

The instrument has a wide range power supply from 105 to 253 V, 50 or 60 Hz ±10%. There is hence no line voltage selector. The line fuse is accessible on the rear panel and part of the line input connector. Prior to exchanging a fuse, the line cord must be pulled out. Exchange is only allowed if the fuse holder is undamaged. It can be taken out using a screwdriver put into the slot. The fuse can be pushed out of its holder and exchanged. The holder with the new fuse can then be pushed back in place against the spring. It is prohibited to "repair" blown fuses or to bridge the fuse. Any damages incurred by such measures will void the warranty.

Type of fuse:
Size 5 x 20 mm; 250V~, C; IEC 127, Bl. III;
DIN 41 662 (or DIN 41
571, Bl. 3). Cut off: slow blow (T) 2A.

2 Controls and display

Front panel

(HMS1010 differs in frequency range;
HMS3000 / HMS1000 without Tracking Generator)

1 **Display** (TFT)
6,5" VGA TFT Display

2 **Interaktive Softkeys** (buttons)
Direct access of all relevant functions

3 **POWER** (button)
Power switch turns the instrument on/off

Area A:
This area includes the parameter settings.

4 **AMPL** (illuminated button)
Setting of amplitude parameters

5 **SPAN** (illuminated button)
Setting of the Span

6 **FREQ** (illuminated button)
Setting of the frequency

7 **TRACE** (illuminated button)
Configuration of data aquisition and analysis

8 **SWEEP** (illuminated button)
Setting of the Sweep Time and the trigger source

9 **BANDW** (illuminated button)
Setting of the resolution and video bandwidth

10 **LINES** (illuminated button)
Configuration of displayed and limit lines

11 **MEAS** (illuminated button)
Implementation of extended measurements

12 **DISPLAY** (illuminated button)
Setting of the display

13 **PEAK SEARCH** (illuminated button)
Measuring value peak display

14 **MARKER →** (illuminated button)
Search function of marker

15 **MARKER** (illuminated button)
Selection and arrangement of the absolute and relative marker

16 **MODE** (illuminated button)
Switching between SWEEP- and RECEIVER-Mode

17 **PRESET** (button)
Factory reset

18 **AUTO TUNE** (button)
Automatically setting of instrument settings

Area B (Data):
This area includes the Einstellmöglichkeiten via Tastatur und Einheitstasten.

19 **Numerical keyboard** (buttons)
Set of all operating parameters

20 **BACK** (button)
Set back of inputs

21 **CANCEL** (button)
Terminate the editing mode

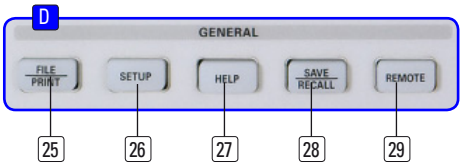
22 **ENTER** (button)
Confirm the values via keyboard

Area C (Variation):
This area includes the settings via rotary knob and arrow buttons

23 **Rotary knob**
Knob to adjust and activate the values or menu items by pushing

24 **Arrow buttons ▲ ▼** (buttons)
Set of signal parameters

Area D (General):
This area includes the general intrument settings

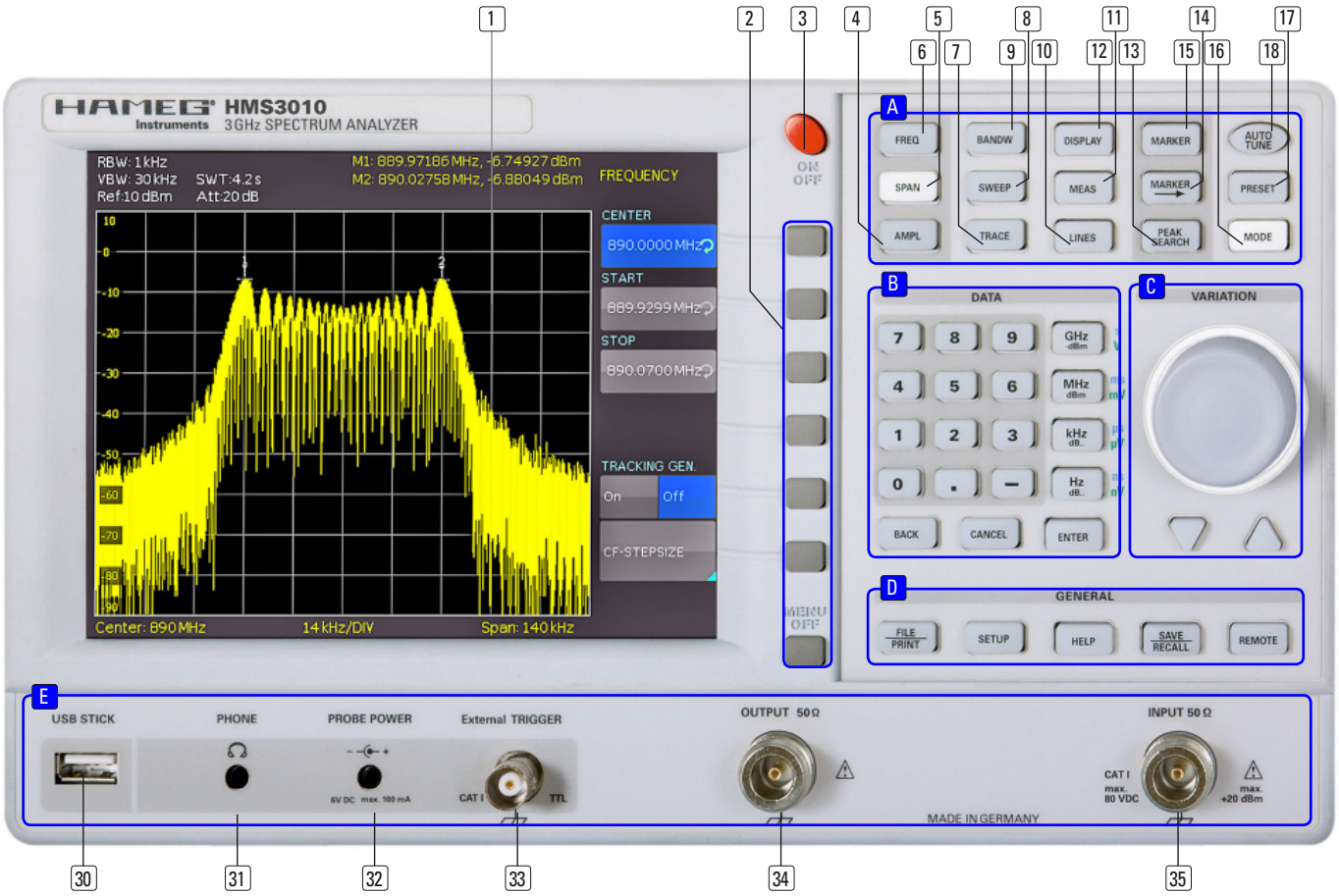


25 **FILE/PRINT** (illuminated button)
The key FILE/PRINT on the front panel allows you to store curves, screen shots, screen shots with settings

26 **SETUP** (illuminated button)
Display of general instrument settings

27 **HELP** (illuminated button)
Including display help

28 **SAVE/RECALL** (illuminated button)
Store and restore of instrument settings, references, curves and screenshots



29 **REMOTE** (illuminated button)
Toggling between front panel and external operation

Area E:
This area includes a series of connectors.

30 **USB port**
Front USB port for storing parameters

31 **PHONE** ☊
Headphone connector 3,5 mm jack;
Impedance > 8 Ω

32 **PROBE POWER**
Power supply (6 V_{DC}) for field probes
(2,5 mm jack)

33 **External TRIGGER** (BNC socket)
BNC input for external trigger signal

34 **OUTPUT 50 Ω**
Tracking Generator (N connector)
(HMS3000 / HMS1000 haven't got this connector)

29 **INPUT 50 Ω**
Input N connector

Rear panel

36 **Mains input connector** with fuse

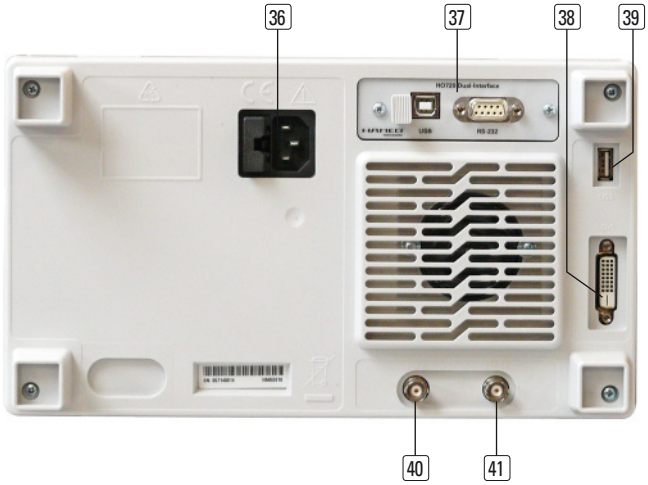
37 **Interface**
HO720 Dual-Interface (USB/RS-232) is provided as standard

38 **DVI** (connector)
Connection of external monitors and projectors

39 **USB port**

40 **REF IN** (BNC socket)
Reference input

41 **REF OUT** (BNC socket)
Reference output



3 Short description of the series HMS

Introducing the all new HMS series of 4 TFT spectrum analysers, HAMEG launches a family of instruments featuring frequency ranges up to 1GHz and 3GHz respectively, with or without tracking generator, suiting the budgets of different users.

HMS1000 and HMS3000 provide for frequency ranges between 100kHz and 1GHz/3GHz respectively. Both instruments are also available as HMS1010 and HMS3010 including tracking generators for four-terminal measurements. The amplitude measurement range extends from –114dBm to +20dBm (1kHz resolution bandwidth RBW). Using the optional pre-amplifier, the amplitude range can be ex-tended to –135dBm (100Hz). Spectral purity exceeds –100dBc/Hz at 100kHz carrier frequency spacing.

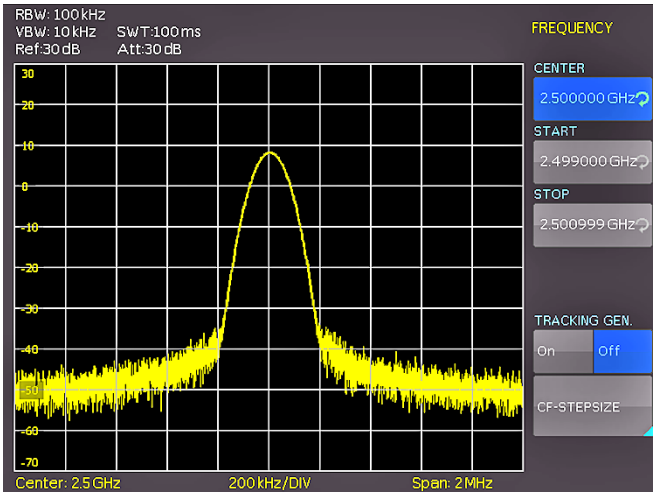


Fig. 3.1: Menu of the frequency

Special emphasis has been put on a comprehensive and practice oriented set of filter bandwidths. The HMS3000 unit covers the range of 100 Hz to 1 MHz (–3 dB) in 1-3 steps. For pre-compliance measurements, bandwidths of 200 Hz, 9 kHz, 120 kHz and 1 MHz (-6 dB) are additionally provided. Moreover, detectors for auto-, min- and max-peak, sample, rms and quasi-peak as well as built-in AM and FM demodulators (headphone output and built in loudspeaker) are included in the standard package. Eight markers, including delta marker, as well as diverse peak functions considerably shorten analysis and evaluation time.

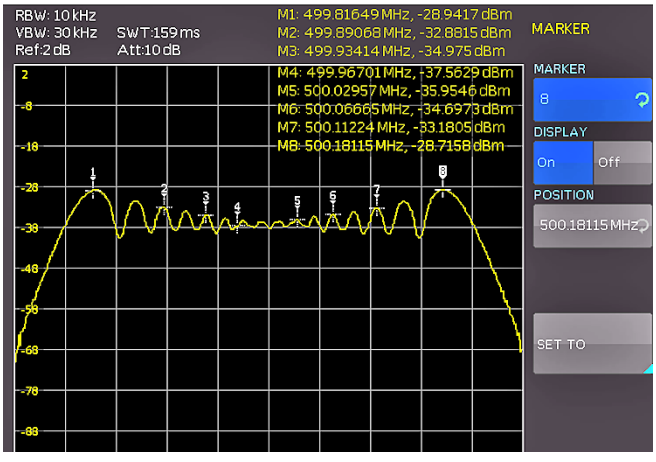


Fig. 3.2: Measuring functions with up to 8 markers

Despite its large 6.5 Inch VGA-TFT display, the HMS series features a very compact sized case and, due to its stackability, the HMS family easily can be combined with all other HAMEG products requiring only very little footprint. Besides using the DVI output for a projector, a standard TFT monitor can be connected - particularly useful for running manual alignment stations, built into 19" racks. In addition to its three USB ports for mass storage, printer and remote control, optional interfaces for IEEE-488 or Ethernet/USB are available.

4 Setting of parameters

Three methods of setting signal parameters are offered:
- numerical keyboard
- knob
- arrow buttons

Please use the soft menu keys for selecting the respective menu item.

4.1 Numerical keyboard

The simplest method of entering parameters quickly and exactly is the entry via the numerical keyboard. When entering parameters via the keyboard the value will be accepted upon pushing the respective unit key GHz (-dBm), MHz (dBm), kHz (dB..) or Hz (dB..). Prior to pushing any such key an entry may be deleted by pushing the key BACK. During these operations the window will remain open. The CANCEL key will terminate the entry of parameters and close the window.

Fig. 4.1: Numerical keyboard with unit and command keys

4.2 Knob

It is possible to only use the knob for all settings.Turning the knob CW will increase the value, turning it CCW will decrease it. Pushing the knob or the ENTER key will accept also parameters without units. Such parameters can be modified only by using the knob.

4.3 Arrow buttons

The signal parameters can also be modified by using the arrow buttons: the ▲ button will increase, the ▼ button will decrease the value.

4.4 Interactive softkeys

The grey soft menu keys at the righthand side of the screen are used for the menu field displayed. Use the knob or the numerical keyboard for setting the parameter selected. If a menu field was selected via the soft menu keys, this item will be marked in blue, it is now activated for entering a parameter. If an instrument function should not be available due to a specific setting, the associated soft menu key will be deactivated, the lettering will be shown in grey.

4.5 How to enter numerical values

- Use the grey soft menu keys for the selection of a menu item.
- Enter the value of the parameter using the numerical keyborad or modify it with the knob.
- After a keyboard entry push the respective unit key.

5 Instrument functions

5.1 Setting of the frequency (FREQ)

Pushing the FREQ key will call the menu for setting the frequency. Here, the center and the start and stop frequencies can be entered. The setting is performed as described in chapter 1. The step size of the center ftrequency can be modified with CF-STEPSIZE. By pushing this soft menu key the settings menu will open.

- **0.1 x SPAN (Basic setting):** the frequency steps will equal 10 % of the displayed frequency range (= 1 vertical division).
- **0.5 x SPAN:** the frequency steps will equal 50 % of the frequency range displayed (= 5 vertical divisions).
- **SET TO CENTER:** The step width of the frequency is equal to the present center frequency. This mode is especially useful for the measurement of harmonics because each step will move the center frequency to the next harmonic.
- **MANUAL:** any step width is available. This allows the easy measurement of spectra with regular frequency steps.

5.2 Frequency range displayed (SPAN)

The frequency range called span is the range on both sides of the center frequency which a spectrum analyzer displays on its screen. The span to be selected depends on the signal to be analyzed, in general, it should be at least twice as wide as the bandwidth of the signal.

The series HMS offers spans from 1 KHz to 1 GHz (HMS1000/1010) resp. from 100 Hz to 3 GHz (HMS3000/3010). If the span is set to 0 Hz, the signal waveform vs. time will be shown. The spectrum analyzer measures the signal amplitude only at the center frequency set. The setting is performed as described in chapter 4. In order to select the full frequency range of 100 KHz to 1 GHz resp. 100 Hz to 3 GHz by pushing once, the soft menu item FULL is provided. The soft menu key LAST will restore the former setting.

5.3 Setting of the amplitude parameters (AMPL)

The key AMPL is used for all settings of the amplitude displayed. The reference level (soft menu item REF.LEVEL) is identical to the top graticule line of the display. The setting is performed as described in chapter 4. The reference level setting programs the amplifier gain from the input to the display. For low reference level settings the gain will be high in order to make also weak signals well visible. For strong input signals the reference level must be set high in order to prevent overdriving of the signal amplifier chain and in order to keep the signal within the visible display window. For spectra with many signals, the reference level should be so high that all signals remain within the display area.

The receiver input will be overloaded by a disadjusted reference level.

The basic unit (UNIT) of the reference level is the unit dBm. Additionally, the unit dBµV can be selected by pushing the soft menu key and using the knob. The range (RANGE) defines the resolution of the amplitude axis of the display. The basic scaling is in dB. The standard scaling is 10 dB/DIV. In order to obtain a higher visual resolution, the spectrum analyzer also offers the scalings 5 dB/DIV, 2 dB/DIV, and 1 dB/DIV. A higher resolution does not increase the accuracy, it only improves the readability.

The setting of the reference level will also directly affect the amount of hf attenuation at the input of the spectrum analyzer. The instrument offers 2 different modes of coupling:

- LOW NOISE (highest possible sensitivity)
- LOW DISTORTION (lowest intermodulation products)

These modes are selected via the soft menu key ATT.-SETTING. In the mode LOW DISTORTION 10 dB of additional attenuation is switched in. The preamplifier may be switched in or out with the respective soft menu key (see chapter 9.1 for activate the optional preamplifier).

5.4 Setting of the bandwidth (BANDW)

Spectrum analyzers resolve the spectral content of a signal and display a frequency spectrum. The quality of the resolution is determined by the resolution bandwidth. Additionally, the spectrum analyzers offer a selectable video bandwidth. The instrument will automatically (or, if desired, manually) choose a slower sweep time if the span was set too wide for the RBW (resolution bandwidth) selected (provided the user did not set the span to manual operation).

The video bandwidth affects the smoothing (reduction of noise) of the displayed curve. It is determined by the bandwidth of the low pass filter inserted between the video signal and the display. In contrast to the resolution bandwidth the video bandwidth has no influence on the resolution properties of the spectrum analyzer.

If the span was set manually too wide or the sweep time to too high, the amplitudes will be displayed with incorrect level; in such cases a red „UNCAL" message will warn. The span must then be reduced until the „UNCAL" message disappears.

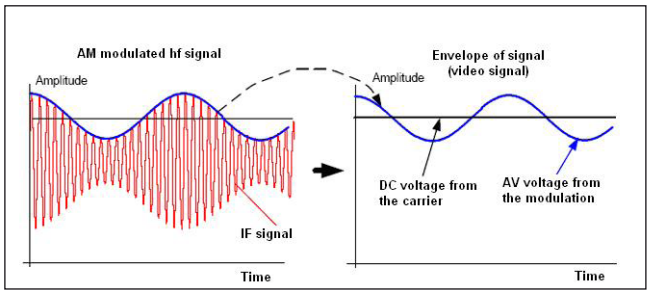


Fig. 5.1: Hf signal modulated by a sine wave signal and the resultant video signal vs. time.

By pushing the key BANDW you will enter the menu for setting the bandwidths. Both the resolution bandwidth (RBW) and the video bandwidth (VBW) may be set within the specified limits. The following step sizes are available:

RBW	VBW
100 Hz	10 Hz
200 Hz	30 Hz
1 kHz	100 Hz
3 kHz	300 Hz
10 kHz	1 kHz
30 kHz	3 kHz
100 kHz	10 kHz
200 kHz	30 kHz
300 kHz	100 kHz
1MHz	300 kHz
	1 MHz
	3 MHz

Table 5.1: Available RBW and VBW settings

Additionally automatic selection for both bandwidths (AUTO RBW/AUTO VBW) may be chosen with the respective soft menu key. The knob is used for the setting of the parameters.

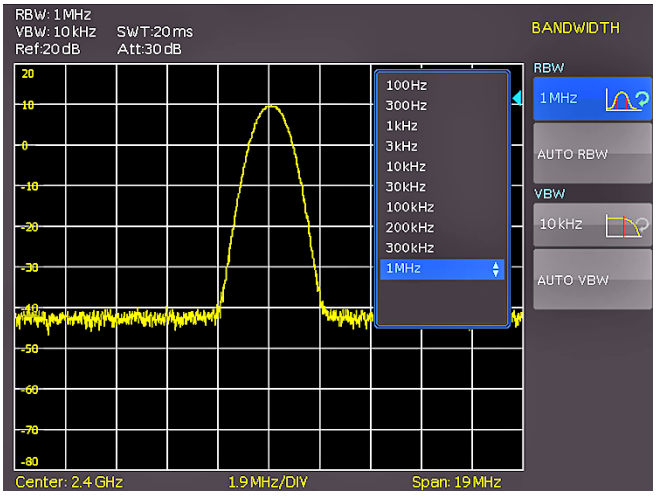


Fig. 5.2: The selections offered in the RBW menu.

5.5 Setting of the SWEEP

At a frequency spectrum of f > 0 the sweep time is the time the spectrum analyzer requires for sweeping the selected frequency range to measure the spectrum. Certain limits have to be observed (e.g. the resolution bandwidth set) in order to obtain a correct display.

Pushing the key SWEEP will call the selection menu. The SWEEP TIME can be varied within the specified limits. The setting of the parameters is performed as described in chapter 4. In order to assist the user when setting the sweep time, an automatic selection of the sweep time with respect to the RBW and the span settings may be chosen with the soft menu key AUTO. The automatic mode will always set the sweep time to the shortest possible value consistent with the correct display of the spectrum content.

The series HMS will sweep the selected frequency range continuously, i.e., after a sweep was completed, a new one will be started and the display refreshed. If continuous sweeping is not desired (e.g., if a single event shall be recorded upon a trigger), there is also the possibility of selecting SINGLE sweep. If single sweep is selected, the spectrum analyzer will sweep the frequency range once or it displays the video signal vs. time if the span is set to zero. The instrument will only repeat the measurement after the soft key SINGLE was pushed again.

Additionally the soft menu TRIGGER offers diverse trigger functions in order to react to events.

- **FREE RUN:** a new sweep will start after the preceding one was completed (standard setting).
- **EXTERN ⨍ and EXTERN ⨎ :** the sweep will be started upon the positive or negative slope of an external trigger signal; the external trigger signal is applied via the BNC connector EXTERNAL TRIGGER (TTL logic levels).

Use the respective soft key for the selection of the desired trigger mode.

5.6 Curve display settings (TRACE)

Pushing the key TRACE will call the settings menu.. There are several modes of curve display (TRACE MODE):

- **CLEAR / WRITE (Basic setting):** the previous curve will be erased during a new sweep.
- **MAX HOLD:** the maxima of the curve being measured and all previous ones will be displayed. MAX HOLD allows to easily find intermittent signals in the spectrum or the maximum values of varying signals.
- **MIN HOLD:** the minima of the curve being measured and all previous ones will be displayed. MIN HOLD allows to recover sine wave signals out of the noise floor or to suppress intermittent signals.
- **AVERAGE:** In this mode, the average level of consecutive measurements will be displayed. In the standard setting, averaging will be performed pixel by pixel and over the last measured curves. The average mode is hence suitable for an improved display of sine wave signals close to the noise level (available with a software update V1.2 from www.hameg.com/downloads).
- **VIEW:** freezes the curve being displayed, the measurement will be terminated, this allows to subsequently use the markers for the measurement of spectra.

The sub function TRACE ⇨ MEMORY allows to transfer a curve to the background curve memory; by pushing the soft menu

key SHOW MEMORY it will be displayed and can be compared to the presently displayed curve. The stored curve will always be shown in white and thus can be easily differentiated from the presently displayed curve. In order to let the stored curve disappear, push the SHOW MEMORY key again.

The spectrum analyzer can subtract a stored curve from an active curve and display the difference. If there is a curve stored under TRACE ⇨ MEMORY the difference between the stored an the active curves will be displayed by pushing the soft menu key TRACE MATH. In order to let the stored curve disappear push the key TRACE MATH and select OFF. Extended functions (TRACE SETUP) and memory mathematics will be available with a software update V1.2 from www.hameg.com/downloads.

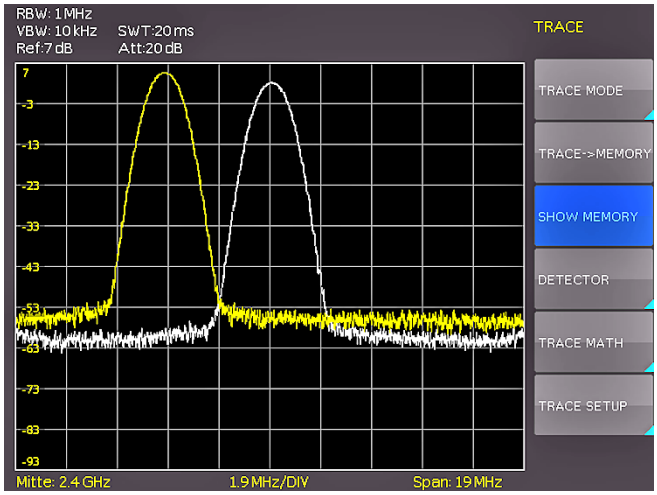


Fig. 5.3: Display of a measured and a stored reference curve.

The curve in the memory (Memory Trace) will be stored in the video memory as a bitmap. The spectrum analyzer hence will not adapt the stored curve if the reference level or the displayed frequency range are changed.

5.6.1 Detector

A detector converts the video signal of a spectrum analyzer before it will be displayed. It functions pixel by pixel, determining how the value of a pixel will be measured. Pushing the soft menu key DETECTOR will call the settings menu for the selection of various types of detectors.

- **AUTO PEAK:** the spectrum analyzer will display the maximum and minimum value of each pixel from the frequency range represented by that pixel, no signal will be lost; if the signal level fluctuates (noise), the width of the curve will indicate the width of the signal fluctuations (Basic setting).

- **SAMPLE:** only displays an arbitrary point within a display pixel. The sample detector should be always used at span = 0 Hz, because this is the only method for a correct display of the video signal vs. time. Can be used for the measurement of noise power. For spans wider than than the resolution bandwidth x 501, signals may be lost.

- **MAX PEAK:** in contrast to the auto peak detector this detector will deliver only the maximum value of the spectrum within a pixel of the curve (e.g. the measurement of pulsed signals or frequency modulated signals).

- **MIN PEAK:** delivers the minimum of a spectrum within a pixel of the curve. Sine wave signals will be displayed with their correct levels while noise-like signals will be suppressed (e.g. for filtering sine wave signals from noise).

5.7 The use of markers

The series HMS offers several markers and delta markers for the evaluation of curves. The markers are always tied to the curve and indicate the frequency and the level at that. The frequency position of the marker is marked by a arrow icon. The nurmerical values of the frequency and the level are shown at the top of the screen. The unit of the level is the same as the unit selected for the reference level.

The knob allows to choose from 8 different markers. The individual markers can be switched on and off with the respective soft menu key. The soft menu key POSITION is used to set the frequency position of the marker along the curve.

The delta marker level is always relative to the level of the main marker, the unit of level is always dB. The value of frequency of the delta marker is always relative to the reference marker (marker 1) and thus indicates the difference in frequency to that marker. The use of the delta marker will be available with a software update V1.2 from www.hameg.com/downloads.

5.8 Peak-Search

The socalled Peak-Search key will show the user the display of the next maximum value. By pushing the softkey PEAK the next maximum value can be shown. Extended functions will be available with a software update V 1.2 from www.hameg.com/downloads.

5.9 Operation in the Receiver-Mode

By pushing the MODE key the selection menu will be called which allows to switch to the receiver mode. The spectrum analyzer acts as a receiver which measures the level at a preselected frequency. The most important parameters such as e.g. frequency, amplitude, resolution bandwidth may be set using the appropriate keys. In the receiver mode the same bandwidths are available as in the spectrum analyzer mode. Additionally the bandwidths: 200 Hz, 9 KHz, 120 KHz and 1 MHz are available for emi emission measurements according to CISPR. The key FREQ and the softkey DETECTOR selects the detector (Peak, rms, quasi-peak). The measurement time is the time during which the spectrum analyzer collects measurements and combines them according to the detector selected for a display.

With the soft menu item AUDIO the series HMS offers an AM and a FM demodulator allowing listening to modulated signals. The demodulated signal may be listened to with a headphone and an intern speaker. The headphone is connected to the headphone connector (3.5 mm female connector). If the headphon is activated, the intern speaker will be deactivated. The respective soft menu keys allow to switch the demodulator on or off and to set the volume.

6 Store and recall instrument settings

Your spectrum analyzer can store 5 different kinds of data:
- Instrument settings
- Reference signals
- Waveforms
- Screen displays
- Sets of formulae.

Signals and screen displays can only be stored on USB sticks. All other data can be stored either on a USB stick or in the instrument's non-volatile memories.

6.1 Instrument settings

Push the key SAVE/RECALL for calling the main menu for storage and load functions. First a listing is shown of the kinds of data which can be stored and loaded. By pushing the key next to the top menu item DEVICE SETTINGS this menu will open.

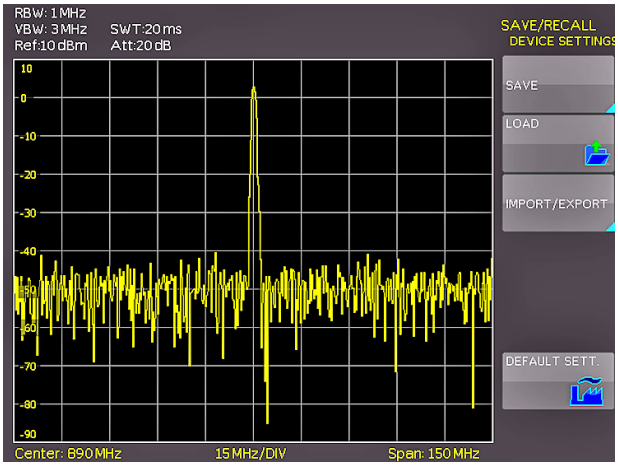


Fig. 6.1: Basic menu for instrument settings

In this menu, by pushing the respective key, it is possible to call the menu for storing, the data manager for loading, and the menu for exporting and importing instrument settings. Additionally, the menu item DEFAULT SETT. will reset the instrument to the factory settings. The storing menu is opened by pushing the SAVE key.

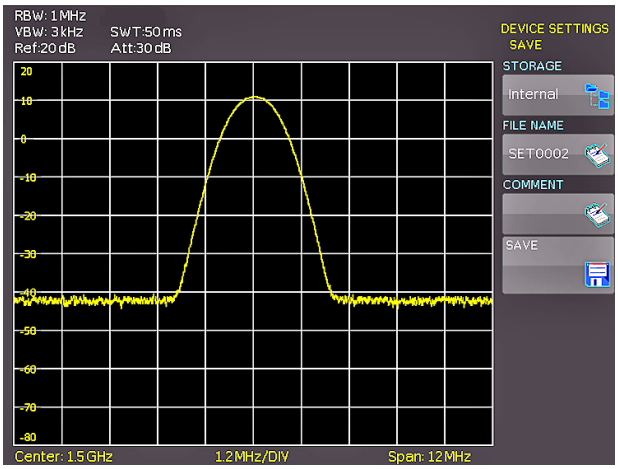


Fig. 6.2: Saving instrument settings

Here the storage location (internal memory, front panel USB, rear panel USB) is selected, also a name and a commentary can be added; these will be stored by pushing the soft menu key next to SAVE. In order to recall stored instrument settings, call the main instrument settings menu and select LOAD by pushing the respective soft menu key. The data manager will open, use the menu keys and the universal knob for navigating.

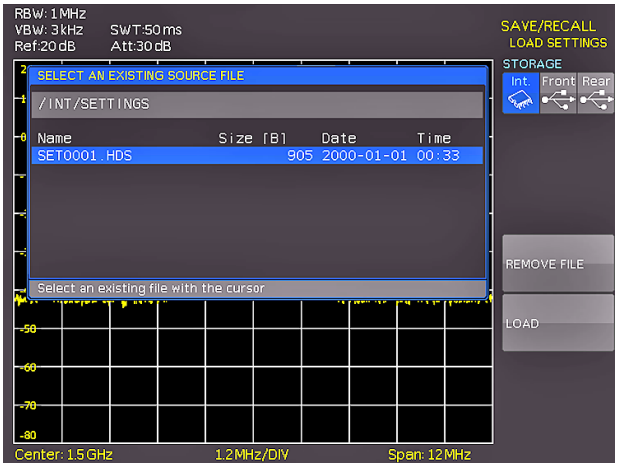


Fig. 6.3: Loading instrument settings

Here the location is selected from which the settings data are to be loaded. After the selection in the data manager, load the settings by pushing the soft menu key LOAD. The data manager also allows you to erase individual settings in the internal memory. If a USB stick is plugged in and has been selected as the location, it is also possible to change or erase directories. In order to export or import instrument settings, a USB stick must be plugged in, otherwise this menu can not be accessed. Provided this is fulfilled, pushing the key next to IMPORT/EXPORT will open a menu allowing to copy instrument settings between the internal memory and a USB stick.

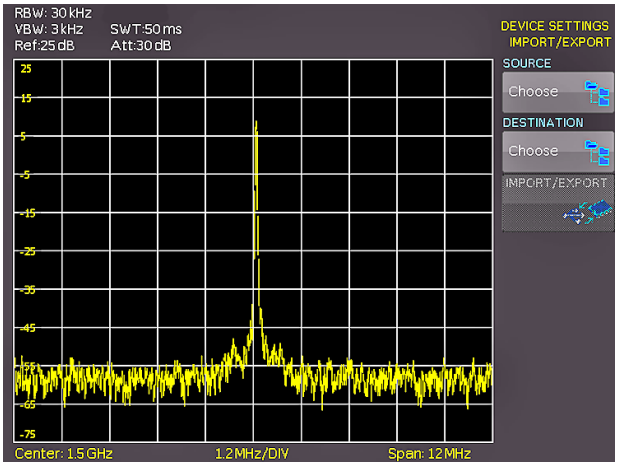


Fig. 6.4: IMPORT / EXPORT menu for instrument settings

The source is selected by pushing the respective key (e.g. INTERNAL), the selection will be indicated by its blue background. Then the destination is selected (e.g. FRONT). By pushing the key next to IMPORT/EXPORT, the selected settings data will be copied as previously chosen (in this example from the internal memory to a USB stick). It is possible to copy from the internal memory to the external memory and also between two USB sticks.

6.2 Reference signals

References are sets of data which consist of settings information. These may be stored and recalled internally or externally. The main feature of references is the fact that all information is always stored along with the data proper; this allows to compare the reference with live signals. If the key SAVE/RECALL is

pushed and the menu item REFERENCES selected, a changeover into the menu IMPORT/EXPORT is possible; here the standard menu of the data manager will appear which allows you to copy references between the internal memory and an external USB stick (refer to chapter 3.1 for a detailed description).

6.3 Waveforms

In addition to references, the waveform data can be stored only on external USB sticks, not internally.

HAMEG Binary format: A binary data set may contain bytes of any length. The curves will be stored without any time information.

CSV (Comma Separated Values): CSV data sets store the curves in tables, the lines are separated by commas.

HRT (HAMEG Reference Time): Data sets with this code contain data of curves vs. time. If a waveform was stored in this format, it can be used in the reference menu. With the HRT format it is also possible to generate data sets which may be reloaded into the spectrum analyzer via the reference menu.

In order to store waveforms, push the key SAVE/RECALL and select in the main menu the item CURVES by pushing the respective softmenu key.

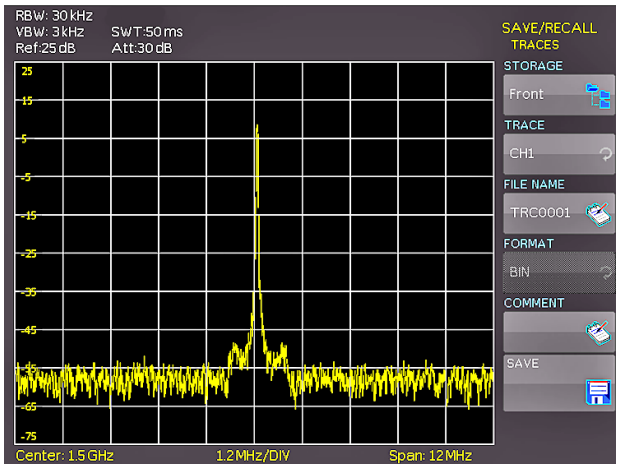


Fig. 6.5: Menu to save a waveform

In this menu which will open, the top item allows the selection of the front or rear panel USB port. This choice is only possible if the instrument recognized a USB stick at the designated port. If a stick is present and the port selection done by pushing the respective soft key, the first time this happens, the data manager will appear with the associated menu. Here, a listing of destinations can be selected or generated. Confirm the selection of the destination listing by pushing OK, this will recall the menu for storing curves. Pushing the soft key next to the second menu item (CURVE) will activate this function as indicated by the blue background: now the channel can be selected from which the curve shall be taken by turning the universal knob. Only channels which have been activated are eligible.

Pushing the menu key next to DATA NAME will open the menu for entering names: in order to do this first push the CURSOR/SELECT key, then use this menu and the universal knob to enter the desired name which will be stored by pushing ACCEPT. This will recall again the menu for storing waveforms. Now push the soft key FORMAT, this will open a window for selecting the format. The selection is performed again with the universal knob. Additionally, a commentary can be stored along with a curve. This is done by pushing the menu key next to COMMENTARY, this will open a window for the entry. After entering the commentary and storing it by pushing ACCEPT, again the menu for storing curves will appear. After completion of all these entries, pushing the menu key next to STORE will store the curve according to the selected settings.

6.4 Screenshots

The most important method of storing for documentation purposes is the screen photo. At least one USB stick must be connected, only then will any settings regarding the destination and the format be possible. Push the keys SAVE/RECALL and SCREENSHOTS for opening the appropriate menu.

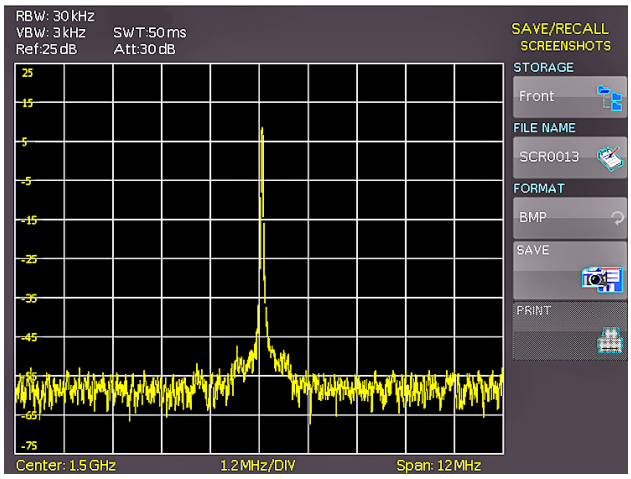


Fig. 6.6: Menu for screenshots

Also in this menu the destination (according to the USB sticks connected) can be selected with the top menu key. When this is done the fi rst time, the data manager will appear in order to either select or generate a destination listing. After the entry of this information, the SCREENSHOTS storing menu will reappear. The second menu item FILE NAME allows you to enter a name with the respective name entry menu which will open automatically upon selecting this menu item. If FORMAT is selected with the respective menu key, these formats will be offered and can be selected with the universal knob: BMP = Windows Bitmap (uncompressed format) and GIF. Pushing the key next to SAVE will store the actual screen display along with the name and format at the destination selected.

6.4.1 Screenshot example

In order to store data you have to define the kind of data and the destination. First attach a USB stick (refer to 8.1 USB connector) to the front panel connector. Press SAVE/RECALL in order to call the respective menu.

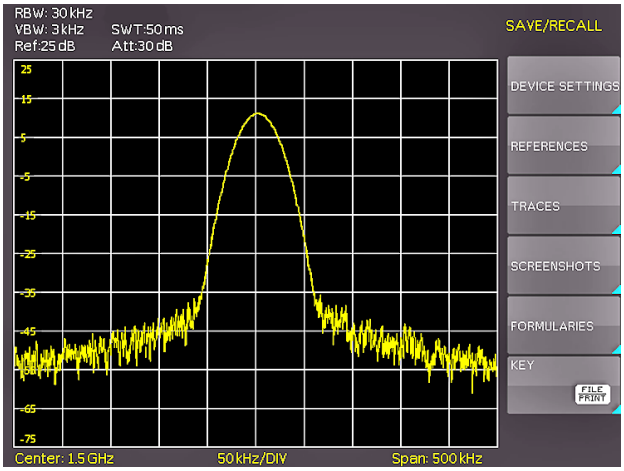


Fig. 6.7: Save/Load menu

Select the kind of data by pressing the respective soft key (in this example SCREENSHOTS) in order to access the settings menu.

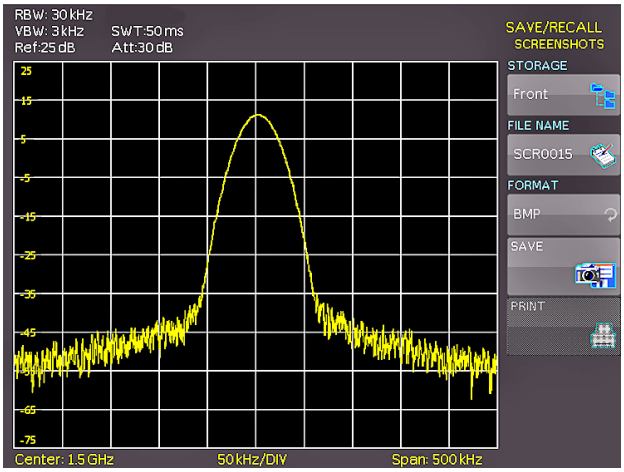


Fig. 6.8: Menu with the settings for screenshots

Please verify that the USB connector into which you plugged the USB stick (front or rear) is written in the top softmenu (you can change the destination by opening the respective menu if you press the softkey next to STORAGE). You can now save a Screenshot if you press the softkey next to SAVE using the predefined name written in the menu below FILE NAME. You may name the destination memory with up to 7 characters; in order to do this select the menu item FILE NAME and define the name by using the knob and the CURSOR SELECT key (in this example PRINT).

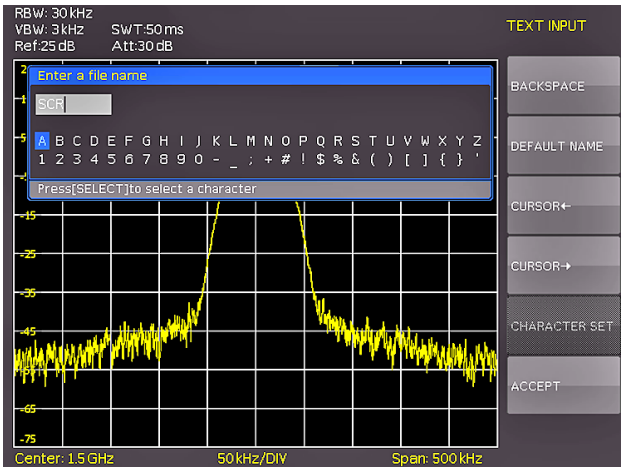

RBW: 30 kHz
VBW: 3 kHz
SWT:50 ms
Ref:25 dB
Att:30 dB
TEXT INPUT
Enter a file name
SCR
A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 - _ ; + # ! $ % & ( ) [ ] { } '
Press[SELECT]to select a character
BACKSPACE
DEFAULT NAME
CURSOR←
CURSOR→
CHARACTER SET
ACCEPT
Center: 1.5 GHz
50 kHz/DIV
Span: 500 kHz

Fig. 6.9: Defining file names

After the softkey next to ACCEPT was pressed the oscilloscope will have stored the name and return to the settings menu. Here you can now store the actual screen display by pressing the SAVE softkey. Alternatively, you can return to a lower menu level (by pressing the lowest Menu OFF key) and select the menu item key FILE/PRINT. In the following menu press the soft menu key next to SCREENSHOTS: this will assign the function screenshot to the key FILE/PRINT with the settings chosen. This enables you to store a bitmap file on your USB stick by just pressing FILE/PRINT at any time and in any menu.

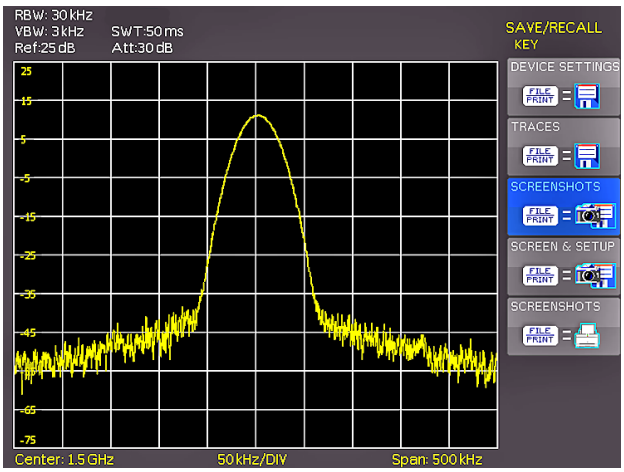


Fig. 6.10: Settings of the button FILE/PRINT

7 Extended operating modes

7.1 Using the help function

The integrated help function can be activated by pressing the key HELP in the GENERAL area of the control panel. A window will open and the text inside is dynamically updated depending on the key (including softmenu key's) you are pushing or the knob you are turning. If you do not need the help anymore, you can switch off the help window by pushing the "HELP" key.

7.2 Display settings

By pushing the key DISPLAY the display settings menu will be called; here several choices are offered:

- **TRACE:** EAdjustment of the trace intensity (0 ... 100 %) of the displayed spectrum.
- **BACKLIGHT:** Adjustment of the backlight intensity (0...100 %).
- **GRID:** Adjustment of the raster intensity (0 ... 100 %). The soft menu item GRID SETUP allows to select a cross, raster lines or no raster with the respective soft menu keys. Also the raster designations (SCALE) can be switched on or off. The soft menu key LED INTENS changes the LED intensity from dark to light, this is effective for all backlighted keys and all other display LED's on the front panel.
- **TRANSPARENCY:** Adjustment ofr the transparency (0 ... 100 %) of the raster inscriptions.

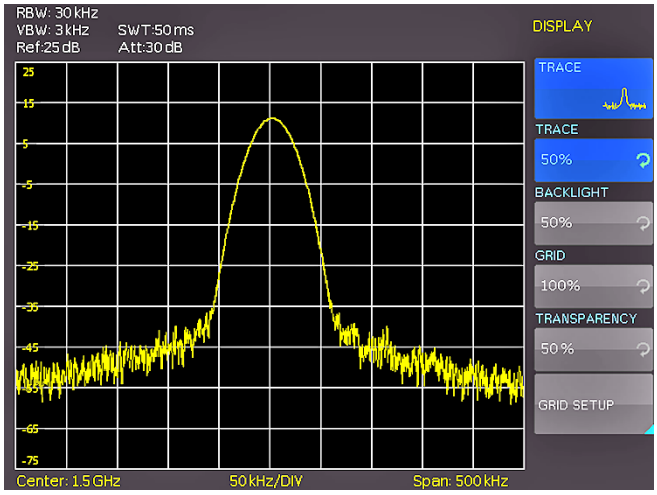


Fig. 7.1: Display settings menu (DISPLAY)

If a soft menu item is activated, its background will be blue. The setting of the parameters is performed according to chapter 1.

7.3 Selection of the standard (preset) instrument settings (PRESET)

By pushing the key PRESET the spectrum analyzer will resume its preset standard settings. This allows to generate a new configuration, starting out from defined parameters, no parameter from a former setting will be active any more.

Center frequency:	1.5GHz (HMS3000/3010)
	500MHz (HMS1000/1010)
Span:	3GHz (HMS3000/3010)
	1GHz (HMS1000/1010)

8 General instrument settings

Basic settings like language for user interface and help, miscellaneous settings and interface settings can be set using the menu which opens after pressing the SETUP key in the GENERAL area of the control panel. Pushing the soft menu key MENU OFF will call the next lower level.

8.1 Language settings

The series HMS provides 4 different languages for the menu and help text:

German, English, French and Spanish

By pushing the soft menu key LANGUAGE the language selection is called, the language selected is active if the menu item's background is blue.

8.2 Basic settings

8.2.1 Clock setting

Pushing the soft menu key SET CLOCK will call the clock and date settings menu. These settings will be used for adding a time and date stamp on print-outs and stored files. The user can modify the time and date with the knob. The respective soft menu item is active if it its background is blue. The time and date settings will be accepted by pushing ENTER.

8.2.2 SOUND

The series HMS offers the possibility to sound a warning which can be switched on or off using SOUND. The control resp. warning tone will be active if the respective menu item's background is blue.

8.2.3 Name

In this menu item you can set a name for the series HMS. By presing the softkey a key panel will show. You can choose the character via the knob. The caracter will confirm with the enter button (refer to chapter 6.4.1).

8.2.4 About

Choosing this soft menu item will call instrument information such as serial number, software version etc.

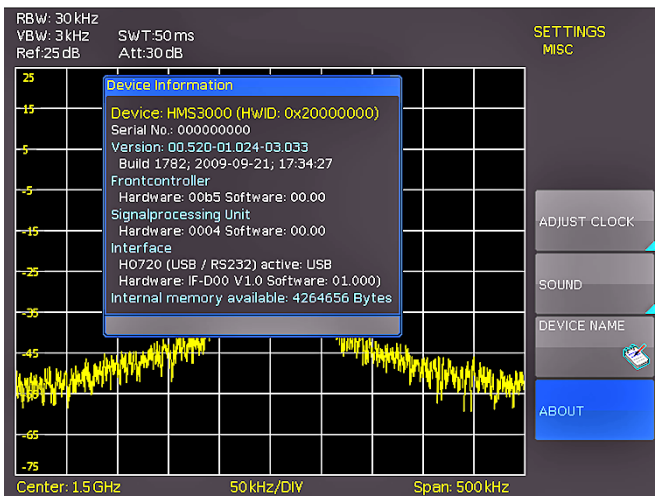


Fig. 8.1: Instrument Informations

8.3 Interface settings

Selecting this soft menu item will allow to modify the settings for:

- the Dual Interface HO720 USB/RS-232 (Baud rate, number of stop bits, parity, handshake on/off)
- LAN Interface HO730 (IP address, sub net mask etc., see the manual of the HO730) and
- the IEEE-488 GPIB interface HO740 (GPIB-address)

The interface desired for the communication can be selected with the respective soft menu key. Use the soft menu item PARAMETER to set the necessary interface parameters

8.4 Printer settings

The series HMS supports printing of the screen contents on a connected printer (USB printers with postscript).

8.5 Update (Firmware / Hilfe)

You are invited to download the most recent firmware under www. hameg.com. Firmware and help are packed into one ZIP data packet. After downloading the ZIP data unpack it into an USB stick's basic directory (refer to 6.1 USB connector). Thereupon insert the stick into the USB port of the spectrum analyzer and push the key SETUP in the GENERAL area of the front panel. Here you shall find the menu item UPDATE. After selecting this menu item a window will open which displays the actual firmware version indicating the version number, the date and build information.

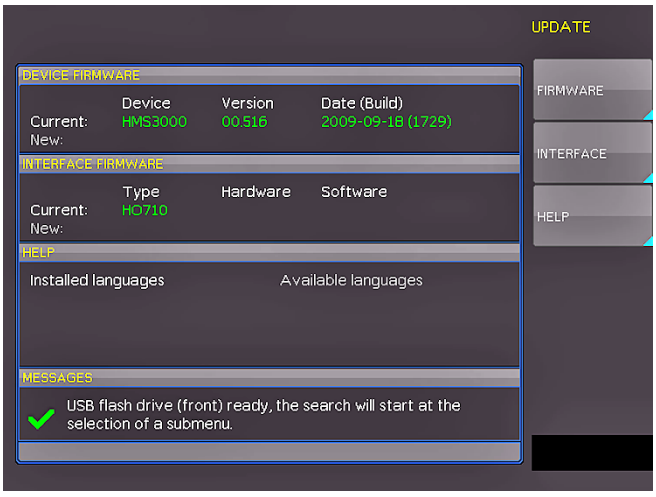


Fig. 8.2: Aktualisierungsmenü Firmware

Now choose which to update: the firmware or the help function. If both are to be updated it is recommended to first update the firmware. After you selected firmware updating by pushing the appropriate key the respective date will be searched on the stick, the information of the firmware to be updated from the stick will be displayed below the line NEW. In case the new firmware should be identical to the existing one, the number of the version will be shown in red, otherwise it will be shown in green; only then should you activate the updating by pushing the soft key EXECUTE. If you intend to update the help function or add a help language choose HELP in the updating menu. The information window will now display the languages installed, the date, and the information about the languages available on the stick. With the soft menu, languages may be added, removed or updated.

Please note the format of the date:YYYY-MM-DD according to the multi language norm of ISO 8601.

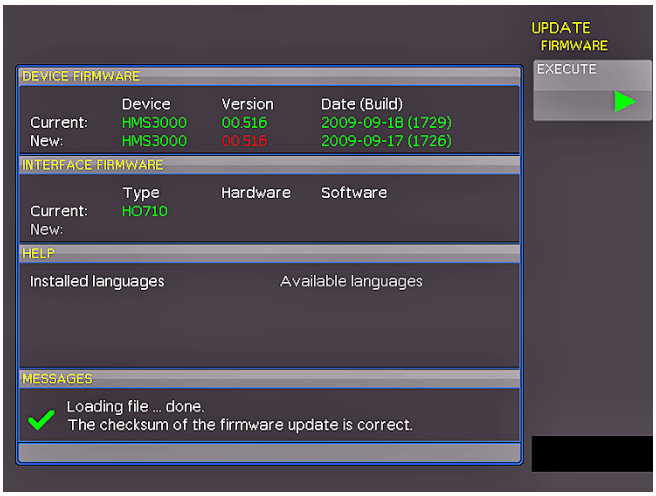


Fig. 8.3: Info display of help update

9 Optional Accessories

9.1 Activation of the Preamplifier HO3011

The Preamplifier for the series HMS (DANL -135dBm typ. / 100 RBW) will activate in the Setup menu with the softkey UPDATE. Please look at chapter 8.5 for the procedure of the update (same procedure like the Firmware-Update). This preamplifier isn't included in the supplied accessories and can be acquired by purchase.

9.2 19" Rack mount kit 4HE HZ46

For the application in rack systems HAMEG provides a kit for the HMS series. Technical details and a description about the mounting you can find in the manual HZ46 on our homepage http://www.hameg.com/downloads.

9.3 Carrying case HZ99

The Carrying Case HZ99 is used to transport your spectrum analyzer and is available ‚on stock'.

Fig. 9.1: Carrying case HZ99

9.4 Near field probe HZ530/HZ540

The set includes 3 hand-held probes with a built-in preamplifier covering the frequency range from 100kHz to 1GHz resp. < 1MHz to 3GHz. When used in conjuction with a spectrum analyzer or a measuring receiver, the probes can be used to locate and qualify EMI sources, as well as evaluate EMC problems at the breadboard and prototype level. The power can be supplied either from batteries (HZ530) or through a power cord directly connected to an spectrum analyzer (HZ540). Signal feed is via a BNC-cable or SMA/N-cable. They enable the user to evaluate radiated fi elds and perform shield effectiveness comparisons.

The probes - one magnetic field probe, one electric field probe and one high impedance probe - are all matched to the 50Ω inputs of spectrum analyzers. The technical specifications are described in the HZ530/HZ540 manual on our homepage http://www.hameg.com/downloads.

9.5 Measurements of spectra with a VSWR bridge HZ547 (HMS1010/3010)

Fig. 9.2: VSWR bridge HZ547 for HMS1010/3010

The VSWR bridge HZ57 allows the measurement of the voltage standing wave ratio (VSWR) and the reflection coefficient of 50Ω devices. Typical objects are e.g. 50Ω attenuators, load resistors, amplifiers, cables, mixers, frequency selective devices. The frequency range is 150kHz...1GHz (HMS1010) resp. 100kHz...3GHz (HMS3010). The technical specifications and the measurement set-up are decribed in the HZ547 manual on our homepage http://www.hameg.com/downloads.

9.6 Transient Limiter HZ560

The Transient Limiter HZ560 protects the input circuit of spectrum analyzers and measurement receivers, in particular in combination with the use of a Line Impedance Stabilization Network (i.e. LISN HM6050). The technical specifications are decribed in the HZ560 manual on our homepage http://www.hameg.com/downloads.

9.7 75/50-Ω-Converter HZ575

The converter HZ575 has a 75Ω AC coupled input and a 50Ω DC coupled output. Using HZ575, spectrum analyzers with 50Ω input can be used for measurement in 75Ω environment. HZ575 can be used reversed too. A 50Ω signal applied at the 50Ω "output" is present at the 75Ω BNC "input" socket with an impedance of 75Ω. The technical specifications are decribed in the HZ575 manual on our homepage http://www.hameg.com/downloads.

10 Front panel connections

10.1 USB connector

Using the front panel USB connector a software update of the HMS firmware can be performed with a FAT or FAT32 formatted mass memory (chapter 8.5).

10.2 PHONE

The signal available at this connector comes from an AM detector and it helps to identify the sources of interference e.g. when making precompliance measurements. If an antenna is connected to the analyzer input, selecting CENTER and using the knob the analyzer can be tuned to a transmitter (Receiver mode chapter 5.9). The demodulation has to activated. Please note that this operational mode may be subject to national restrictions!

10.3 PROBE POWER

This connector can be used as a supply (6 V DC) e.g. for HAMEG probes. The inner contact is + 6 V, the outer contact is connected to the instrument housing and thus with the measurement inputs' ground potential and also protective earth (PE).

10.4 EXTERNAL TRIGGER

The external trigger input connector is used for the control of measurements by an external signal. (TTL levels.)

10.5 OUTPUT 50Ω (Tracking Generator)

The tracking generator output (only HMS1010 and 3010) has to be connected to the measuring object with a N connector cable. A test signal with a spectrum from 5 MHz to 1 GHz resp. 3 GHz is available.

10.6 INPUT 50Ω

Without attenuation (ATT 0dB) ±25VDC must not be exceeded. With an attenuation of 10 to 50 dB, the maximum level is +20 dBm. Levels or DC voltages above the values mentioned may destruct the input stage. The outer contact is connected to the instrument chassis and thus to safety ground (PE). The maximum input levels resp. voltages must not be exceeded. Danger of destruction!

11 Rear panel connections

11.1 USB connector

The USB interface on the rear panel can be used for a printer (see chapter 8.4).

11.2 DVI connector

The rear panel of the spectrum analyzer also has the standard DVI connector for the connection of external monitors or projectors.

11.3 REF IN / REF OUT

n order to further increase the frequency stability, the internal oscillator may be replaced by an external one which can be connected to the „10 MHz REF IN/REF OUT" connectors on the rear panel. The external reference frequency signal must comply with the specifications given with respect to frequency accuracy and amplitude.

The switching between internal and external reference frequency can be effected via the button SETUP and the softkey REF. FREQUENCY.

12 Remote Control

The HMS series is basically supplied with an USB/RS-232 interface. The respective drivers are available on the enclosed Product CD or can be downloaded at http://www.hameg.com.

To establish a basic communication a serial cable (1:1) as well as a terminal program like Windows HyperTerminal is required. The Windows HyperTerminal program is part of any Windows operating systems. A detailed instruction how to setup a basic communication using HyperTerminal is available at the HAMEG Knowledge Base at http://www.hameg.com/hyperterminal.

The HMS series uses SCPI (= Standard Commands for Programmable Instruments) for remote control. Remote control is possible via the built-in dual interface USB/RS-232 (options: Ethernet/USB, IEEE-488). This allow access to nearly all functions which are available on the front panel. A detailed dokument about the provided SCPI commands is available at http://www.hameg.com.

13 Appendix

List of figures

Fig. 3.1: Menu of the frequency 32
Fig. 3.2: Measuring functions with up to 8 markers 32

Fig. 4.1: Numerical keyboard with unit and command keys 32

Fig. 5.1: Hf signal modulated by a sine wave signal and the resultant video signal vs. time. 34
Fig. 5.2: The selections offered in the RBW menu. 34
Fig. 5.3: Display of a measured and a stored reference curve. 35

Fig. 6.1: Basic menu for instrument settings 36
Fig. 6.2: Saving instrument settings 36
Fig. 6.3: Loading instrument settings 36
Fig. 6.4: IMPORT / EXPORT menu for instrument settings 36
Fig. 6.5: Menu to save a waveform 37
Fig. 6.6: Menu for screenshots 37
Fig. 6.7: Save/Load menu 38
Fig. 6.8: Menu with the settings for screenshots 38
Fig. 6.9: Defining file names 38
Fig. 6.10: Settings of the button FILE/PRINT 38

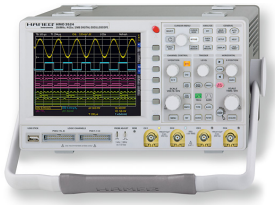
Fig. 7.1: Display settings menu (DISPLAY) 39

Fig. 8.1: Instrument Informations 39
Fig. 8.2: Aktualisierungsmenü Firmware 40
Fig. 8.3: Info display of help update 40

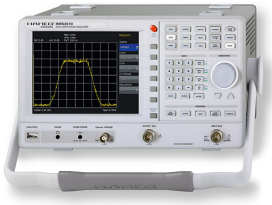
Fig. 9.1: Carrying case HZ99 40
Fig. 9.2: VSWR bridge HZ547 for HMS1010/3010 41

HAMEG®
Instruments
A Rohde&Schwarz Company

Oscilloscopes



Spectrum Analyzer



Power Supplies

Modular System
Series 8000

Programmable Instruments
Series 8100

authorized dealer

42-3000-0020

www.hameg.com

Subject to change without notice
42-3000-0020 (1) 23092009
© HAMEG Instruments GmbH
A Rohde & Schwarz Company
DQS-Certification: DIN EN ISO 9001:2000
Reg.-Nr.: 071040 QM

HAMEG Instruments GmbH
Industriestraße 6
D-63533 Mainhausen
Tel +49 (0) 61 82 800-0
Fax +49 (0) 61 82 800-100
sales@hameg.de